سلسلة المشاريع الإلكترونية (٣)

تجارب ومشاريع عمليّة
على استخدام الدوائر الرقميّة CMOS

م. أحمد عبد المتعال



تجارب ومشاريع عملية على

استخدام الدوائر الرقمية CMOS

بسم الله الرحمن الرحيم

سلسلة المشاريع الالكترونية (٣)

تجارب ومشاريع عملية على استخدام الدوائر الرقمية CMOS

إعـــداد

المهندس / أحمد عبد المتعال

الكتـــــاب : تجارب ومشاريع عملية على استخدام الدوائر الرقمية CMOS (سلسلة المشاريع الإلكترونية-٣)

المـــؤلـــف : م. أحمد عبد المتعال

رقم الطبعـــة : الأولى

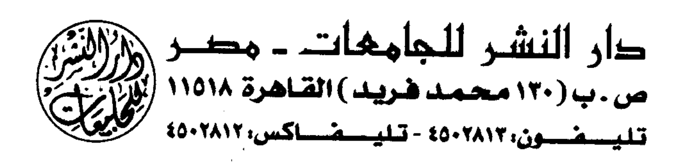
تاريخ الإصدار : ١٤٢٥هـ - ٢٠٠٤م

الـنـاشـــر : دار النشر للجامعات

رقـم الإيـداع : ٩٧/١٣٧٤٢

الترقيم الدولى : I.S.B.N: 977-5526-85-X

الـكــــود : ٢/٨٤


دار النشر للجامعات - مصر
ص.ب (١٣٠ محمد فريد) القاهرة ١١٥١٨
تليفون: ٤٥٠٢٨١٣ - تليفاكس: ٤٥٠٢٨١٢

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لِي فِي ذُرِّيَّتِي إِنِّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ (١٥) ﴾ [الأحقاف: ١٥].

صدق الله العظيم

شكر وتقدير

أتقدم بخالص الشكر **للمهندس / عبد الباسط إبراهيم بكرى** - المدرس بقسم الالكترونيات بالكلية التقنية بالدمام.

كما أتقدم بخالص الشكر لكل من قدم لنا يد المعاونة فى إعداد هذا الكتاب راجين من المولى العلى القدير أن يثيبهم خير الجزاء.

المؤلف

محتويات الكتاب

الموضوع		الصفحة

الباب الأول

أســاســيات

الباب الثانى

تجارب عملية على الدوائر الرقمية CMOS

الباب الثالث

تطبيقات عملية باستخدام الدوائر الرقمية CMOS



الباب الأول

أساســيات

أساسيات

١ / ١- الدوائر المتكاملة الرقمية عائلة CMOS

تستخدم ترانزستورات MOSFET بقناة N وبقناة P فى بناء الدوائر المتكاملة CMOS، وتمتاز هذه الدوائر بمدى كبير لجهد الدخل وباستهلاكها الصغير جداً للطاقة والمدى الحرارى الكبير. وتوجد عدة سلاسل أساسية تندرج تحت عائلة CMOS مثل : سلسلة ..CD40، سلسلة ..CD45، سلسلة ..54C، سلسلة ..74C.

والجدير بالذكر أن سلسلة ..74C تتشابه مع سلسلة ..74 لعائلة TTL، وكذلك فإن سلسلة ..54Cتتشابه مع سلسلة ..54، وذلك فى ترتيب الأرجل وفى وظائف الدوائر المتكاملة، والجدول (١ - ١) يعقد مقارنة بين الخواص الفنية للسلاسل الأساسية لعائلة CMOS.

الجدول (١ - ١)

وجه المقارنة		54C.. / 74C..	CD 40.. / CD45..
V_{DD}	(V)	5/10	5/10
V_{OL} max	(V)	0.5/1.0	0.05/0.05
V_{OH} max	(V)	4.5/9.0	4.95/9.95
I_{OL}	(mA)	0.36/ 0.01	0.3/0.9
I_{OH}	(mA)	-0.01/ - 0.01	-0.36/ - 0.9
Pdiss	(μw)	10/30	10/30

حيث إن :

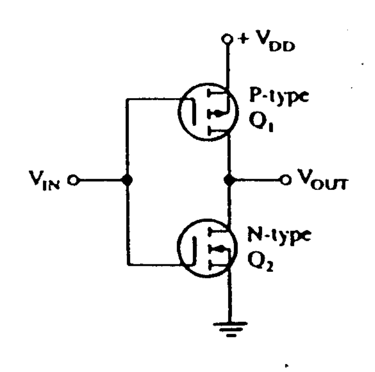
جهد الخرج المنخفض والأقصى V_{OL} max   جهد الخرج المرتفع الأدنى V_{OH} min

جهد المصدر V_{DD} تيار الخرج المنخفض I_{OH}

القدرة المستهلكة Pdiss   تيار الخرج المرتفع I_{OH}

ويلاحظ وجود قيمتين لكل حالة باعتبار أن جهد المصدر VDDيساوى +5V مرة ويساوى +10V مرة ، فمثلاً جهد الخرج المنخفض الأقصى $V_{OL\ max}$ يساوى 0.5V عندما يكون جهد المصدر +5V ويساوى 1.0 V عندما يكون جهد المصدر +10V وذلك لسلاسل ..54C../74C، في حين يساوى 0.05V عندما يكون جهد المصدر 5V أو 10V وذلك لسلاسل ..CD40.. / CD45.

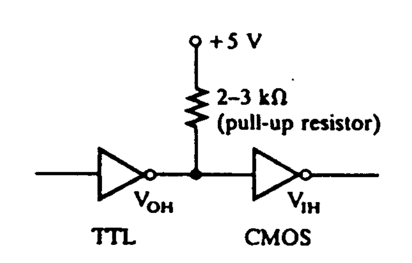
والشكل (١ - ١) يبين التركيب الداخلى لبوابة NOT (عاكس) تندرج تحت عائلة CMOS، ويلاحظ أن الترانزستور Q1 موصل بالتوالى مع الترانزستور Q2، فعندما يكون جهد الدخل V_{IN} يساوى جهد المصدر +5V مثلاً، يصبح الترانزستور Q1 فى حالة قطع OFF، والترانزستور Q2 فى حالة وصل ON، ويصبح جهد الخرج Vout مساوياً OV. وعندما يكون جهد الدخل V_{IN} يساوى OV يصبح الترانزستور Q1 فى حالة وصل ON، والترانزستور Q2 فى حالة قطع OFF ويصبح جهد الخرج Vout مساوياً +5V.

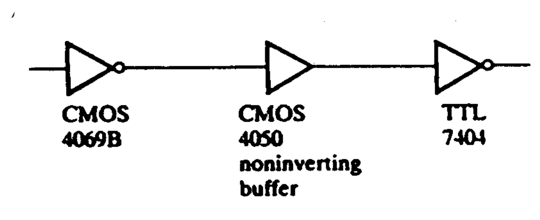


الشكل (١ - ١)

والجدير بالذكر أنه يمكن عمل توافق بين عائلة TTL، وعائلة CMOS، فيمكن نقل إشارة من بوابة TTL إلى بوابة CMOS باستخدام خرج بمجمع مفتوح OC كما بالشكل (١ - ٢أ).

ويمكن نقل إشارة من بوابة CMOS إلى بوابة TTL باستخدام عازل Buffer طراز CD4050 كما بالشكل (ا - اب).





الشكل (١ - ٢)

١ / ١ / ١ - إرشادات يجب مراعاتها عند استخدام الدوائر المتكاملة CMOS

١ - استخدم مصدر قدرة مستمر ومنتظم يتراوح جهده ما بين (+18V : +3).

٢- لا تنزع الدائرة المتكاملة من وعائها التى تباع به إلا بعد الانتهاء من تثبيت قاعدتها.

٣ - لا تترك مداخل البوابات المنطقية Logic gates عائمة Float (أى بدون توصيل) ولكن يجب توصيلها إما مع جهد المصدر VDD، أو مع أرضى المصدر أو مع أحد المداخل الأخرى كما هو مبين بالشكل (١ - ٣)؛ لأنه إذا تركت أحد المداخل غير المستخدمة بدون توصيل فإن الشحنات سوف تتجمع عندها فيختل أداء الدائرة.

Unused input
A
B

+ Vcc
R
1 kΩ
Unused input
A
B
NAND

Unused input
A
B
NOR

الشكل (١ - ٣)

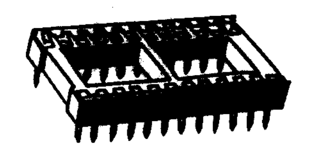
٤ - لا تنزع أى دائرة متكاملة COMS أثناء وصول التيار الكهربى لها.

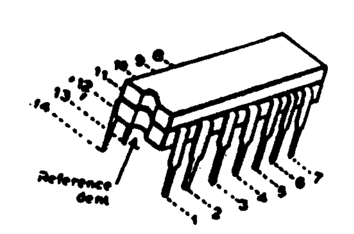
٥ - يجب منع وصول إشارة لأحد مداخل الدائرة المتكاملة CMOS أثناء انقطاع مصدر القدرة.

٦ - ينصح باستخدام كاوية لحام منخفضة القدرة 15W مثلا ولها سلاح رفيع، وتفضل أن تكون من النوع الذى يعمل بالتيار المستمر، فإن لم يتوفر هذا النوع يمكن توصيل كاوية اللحام التى تعمل بالتيار المتردد حتى تسخن ثم تفصل وتبدأ عملية اللحام. وينصح بتأريض كاوية اللحام وأجهزة القياس وطاولة العمل للمحافظة على أن يكون جهدهم جميعاً واحداً. كما يجب توصيل

معصم القائم على عملية اللحام بالأرضى من خلال مقاومة 1MΩ .

٧ - بعد الانتهاء من تثبيت الدوائر المتكاملة CMOS تأكد من وضعها على قاعدة تثبيتها بشكل صحيح وتأكد من توصيل جهد التغذية الكهربية لهذه الدوائر بشكل صحيح. والشكل (١ - ١٤) يعرض نموذجاً لدائرة متكاملة رقمية DIL وهى اختصار لـ (Dual in Line) وهى دوائر متكاملة بصفين من الأرجل على جانبيها المسافة بين كل رجل والأخرى 0.1 بوصة. وتتواجد هذه الدوائر المتكاملة بأعداد مختلفة من الأرجل مثل : (14, 16, 20, 24) . ولمعرفة أرقام أرجل الدائرة المتكاملة يوضع التجويف النصف دائرى الموجود على جانب الدائرة المتكاملة جهة اليسار ويكون العد بدئا من اليسار للرجل المواجهة لك فى عكس اتجاه عقارب الساعة.





الشكل (١ - ٤)

أما الشكل (١ - ٤ب) فيعرض نموذجاً لقاعدة دائرة متكاملة DIL بأربعة وعشرين رجلاً.

١ / ٢- أنواع الإشارات الكهربية

يوجد نوعان من الإشارات الكهربية المستخدمة فى الدوائر الالكترونية وهما:

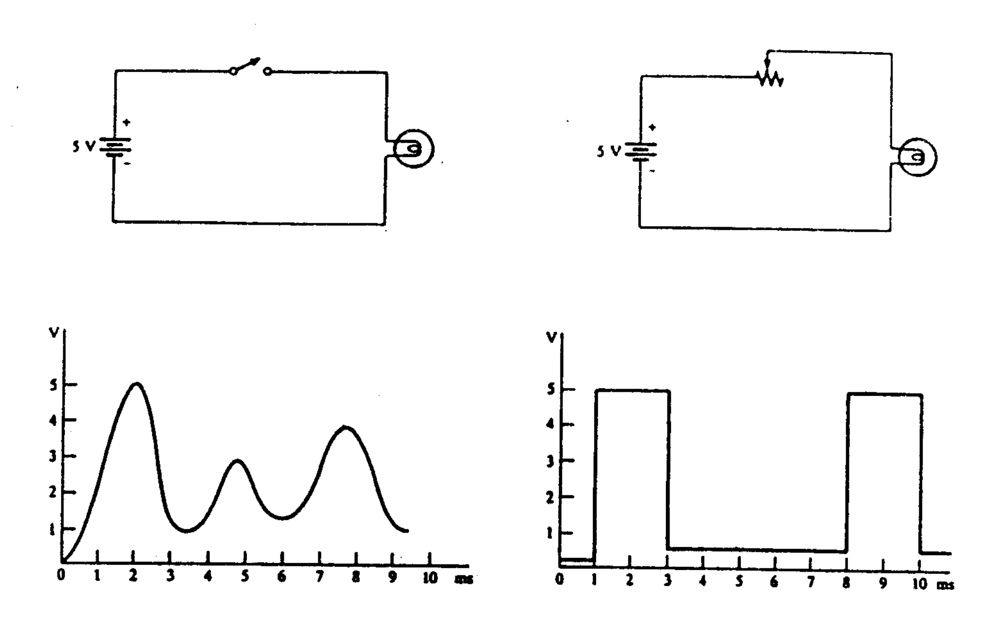
- الإشارات التناظرية .
- الإشارات الرقمية.

ولمعرفة الفرق بينهما إليك المثال التالى المبين بالشكل (١ - ٥) والذى يعرض دائرتين للتحكم فى مصباح كهربى، ففى الشكل (أ) يتم التحكم فى شدة إضاءة المصباح بتغيير قيمة المقاومة المتغيرة الموصلة على التوالى مع المصباح. وفى الشكل (ب) يتم إضاءة أو إطفاء المصباح بواسطة مفتاح يدوى موصل على التوالى مع المصباح. ويقال إن جهد المصباح فى الدائرة المبينة بالشكل (أ) جهد تناظرى؛ لأن قيمته تتغير بتغير قيمة المقاومة المتغيرة، وأقصى قيمة للجهد التناظرى هو جهد البطارية. بينما يقال إن مصباح الدائرة المبينة بالشكل (ب) يتعرض لإشارة رقمية حيث إن لها حالتين فقط وهما:

- جهد البطارية وذلك عند غلق المفتاح ويعمل على إضاءة المصباح، ويقال على هذه الحالة، الحالة العالية (H) ، أو الحالة المنطقية (1).
- جهد صفر وذلك عند فتح المفتاح ويعمل على إطفاء المصباح، ويقال على هذه الحالة الحالة المنطقية المنخفضة (L) أو الحالة المنطقية (0).

وفى الشكل (جـ) إشارة الجهد الرقمية، وفى الشكل (د) إشارة الجهد التناظرية ويلاحظ أن إشارة الجهد الرقمية لها قيمتان وهما: +5V ويقال عليها حالة عالية (high) أو (1) ، والقيمة الثانية القريبة من 0V ويقال عليها حالة منخفضة (LOW) أو (0).

أما إشارة الجهد التناظرية فلها قيم تتغير من لحظة لأخرى وهى تتغير فى هذه الحالة ما بين (0:+15V).



الشكل (١ – ٥)

والجدير بالذكر أنه فى حالة الدوائر المتكاملة CMOS فإن الحالة المنخفضة عند جهد أقل من أو يساوى $0.3V_{DD}$ ، والحالة المرتفعة عند جهد أكبر من أو يساوى $0.7V_{DD}$ ، حيث إن V_{DD} هو جهد المصدر الكهربى، فعندما يكون جهد المصدر مساوياً +9V فإن الحالة المنطقية المنخفضة عند جهد أصغر من أو يساوى 2.7V ، والحالة المرتفعة عند جهد أكبر من أو يساوى (6.3V) .

١ / ٣– أنظمة الأعداد والأكواد Code and number systems

إن معرفة النظم المختلفة للأعداد والأكواد يسهل على القارئ التعامل مع الدوائر الرقمية وقبل سرد النظم المختلفة للأعداد والأكواد سنشير إلى بعض المصطلحات التى تستخدم عادة مع نظم الأعداد المختلفة وهى :

١ – إن أى عدد يتكون من مجموعة من الخانات Digits .

٢ – كل نظام أعداد له أساس ثابت وله مجموعة أعداد أساسية .

٣ - يمكن تحويل أى نظام أعداد إلى النظام العشرى للأعداد والمستخدم فى حياتنا اليومية، وذلك باستخدام المعادلة التالية:

$$Z = aob^{\circ} + a1b^{1} + a2b^{2} + \ldots\ldots \rightarrow 1.1$$

حيث إن:

العد العشرى المكافئ	Z
الأعداد الأساسية	a0 ,a1 , a2
الأساس	b

أولاً : نظام الأعداد العشرية Decimal numbers :

أساس نظام الأعداد العشرية 10 .

الأعداد الأساسية للنظام العشرى هى 9 ,8 ,7 ,6 ,5 ,4 ,3 ,2 ,1 ,0

فيمكن القول إن العدد العشرى 456 يساوى:

$$456 = 4 \times 10^{2} + 5 \times 10^{1} + 6 \times 10^{0}$$

حيث إن:

10 هى أساس النظام العشرى.

أما 6, 5 ,4 هى الأعداد الأساسية للنظام العشرى.

ثانياً: نظام الأعداد الثنائية Binary numbers :

أساس نظام الأعداد الثنائية 2.

الأعداد الأساسية لنظام الأعداد الثنائية هى 1 ,0.

مثال:

حول العدد الثنائى $^{MS}(10110110)_{2}{}^{LS}$ لمكافئه العشرى، علماً بأن الخانة اليسرى هى الأعلى رتبة MS ورتبتها 2^{7} ، والخانة اليمنى هى الأقل رتبة LS ورتبتها 2^{0} وبالتالى فإن:

$Z = 1x\,2^7 + 0\,x2^6 + 1x\,2^5 + 1x\,2^4 + 0x2^3 + 1x2^2 + 1x2^1 + 1x2^0 = 182)_{10}$

علماً بأن كل خانة من خانات العدد الثنائى تسمى bit، ويسمى العدد الثنائى بكلمة Ward، وتتكون الكلمة عادة من مجموعة من bits.

ثالثاً : نظام الأعداد الثمانية Octal numbers

الأساس 8

الأعداد الأساسية 7 ,6 ,5 ,4 ,3 ,2 ,1 ,0

مثال :

حول العدد الثمانى $(1763)_8$ لمكافئة العشرى

$Z = 1x8^3 + 7x8^2 = 6x8^1 + 3x8^0$

$= (1067)_{10}$

رابعاً : نظام الأعداد السداسية عشر Hexadecimal numbers

الأساس 16

الأعداد الأساسية 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F

وفيما يلى المكافئ العشرى للأعداد الأساسية A,B,C,D,E,F

A = 10,   B = 11   C = 12   D = 13   E = 14   F = 15

مثال: حول العدد السداسى عشر $(1A6)_{16}$ لمكافئة العشرى

$Z = 1 X 16^2 + AX 16^1 + 6 X 16^0$

$= (422)_{10}$

خامساً : الأعداد العشرية المكودة ثنائياً BCD

يمكن تمثيل الأعداد العشرية بأعداد ثنائية حيث إن أى عدد عشرى أساسى أى يتكون من خانه واحدة يمكن تمثيله بعدد ثنائى له أربع خانات.

مثال :

حول العدد العشرى 7493 لعدد عشرى مكود ثنائياً.

$$(7493)_{10} = \frac{(0111}{7}\ \frac{0100}{4}\ \frac{1001}{9}\ \frac{0011)}{3}$$

١ / ٤ - العناصر الكهربية والالكترونية المستخدمة فى الدوائر الرقمية

سنتناول فى الفقرات التالية العناصر الكهربية والالكترونية المستخدمة فى الدوائر الرقمية بشيء من الإيجاز.

١ / ٤ / ١- المقاومات الكهربية Resistors

تعتبر المقاومات من أهم العناصر الكهربية المستخدمة فى الدوائر الرقمية، وتصنع المقاومات من مواد مختلفة، علماً بأن نوع مادة المقاومة يحدد الخواص الفنية للمقاومة ، وتنقسم المقاومات بصفة عامة إلى نوعين أساسيين وهما:

١ - مقاومات خطية LinearResistors وهذه المقاومات تخضع لقانون أوم مثل:

أ - مقاومات بنقط تفرع Tapped Resistors وهذه المقاومات تتيح فرصة الحصول على مقاومات مختلفة عند نقاط تفرعها.

ب - الريوستات Rheostat وهى مقاومة متغيرة بطرفين حيث تتغير قيمة المقاومة بين طرفيها بتغير وضع ذراع ضبطها.

جـ - مجزىء الجهد Potentiometer ويكون له ثلاثة أطراف 1,2,3 بحيث إن المقاومة بين الطرفين 1,3 تمثل المقاومة الكلية للمجزىء، وهى ثابتة ولا تتغير بتغيير وضع ذراع ضبط المجزىء، وتساوى مجموع المقاومة بين الطرفين 1,2، والمقاومة بين الطرفين 2,3، وهما مقاومتان متغيرتان تبعاً لتغير وضع ذراع ضبط المجزىء.

د - المقاومات الثابتة القيمة وتوجد عدة طرق لتشفير قيمة المقاومة الثابتة سنذكر طريقتين منها وهما كما يلى:

*** طريقة التشفير الحرفية (الطريقة الإنجليزية) حيث تستخدم الأحرف التالية كمضاعفات**

$M = 10^6$ $K = 10^3$ $R = 1$

وتستخدم الأحرف التالية لبيان التفاوت :

F = ±1%   G = ± 2%   J= ± 5%   K= ±10%   M = ±20%

أمثلة :

- المقاومة 100RK تعنى مقاومة (100Ω ± 10%) .

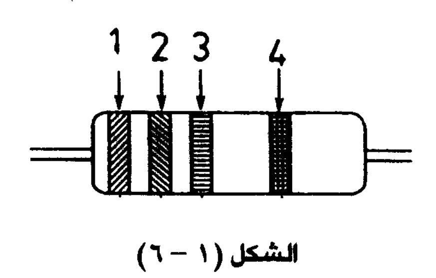
- المقاومة 10K2G تعنى مقاومة (10.2KΩ ± 2%) .

* طريقة التشفير بالألوان وتستخدم هذه الطريقة مع المقاومات الكربونية الصغيرة والتى تتراوح قدرتها ما بين (0.25w:2w) ، علماً بأن حجم المقاومة يعطى بيان بقدرتها كما هو مبين بالجدول (١ – ٢) .

الجدول (١ – ٢)

القدرة (W)	الطول (mm)	القطر mm
0.25	6.5	2.3
0.5	9.5	3.2
1	12	4.5
2	16	5

ويرسم على هذه المقاومات أربع أو خمس حلقات ملونة قريبة من أحد جانبيها، وترقم هذه الحلقات الملونة من اليسار (الجهة القريبة من الحلقات) إلى اليمين كما هو موضح بالشكل (١ – ٦) .



الشكل (١ – ٦)

والجـدول (١ – ٣) يعطى مـدول الحلقـات الملونة فى المقـاومـات ذات الحلقـات الأربعة، والمقاومات ذات الحلقات الخمسة.

الجدول (١ – ٣)

رقم الحلقة الملونة	مدلول الحلقات الملونة	
	المقاومات ذات الحلقات الأربعة	**المقاومات ذات الحلقات الخمسة**
الحلقة الأولى	الرقم الأول	الرقم الأول
الحلقة الثانية	الرقم الثانى	الرقم الثانى
الحلقة الثالثة	المضاعف أو الجزء	الرقم الثالث
الحلقة الرابعة	التفاوت	المضاعف أو الجزء
الحلقة الخامسة	–	التفاوت

والجدول (١ – ٤) يعطى مدلول الألوان المختلفة للحلقات الملونة للمقاومات.

الجدول (١ - ٤)

اللون	اسود	بني	احمر	برتقالي	اصفر	اخضر	ازرق	بنفسجي	رمادي	ابيض	ذهبى	فضى	بدون لون
الرقم	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-	-	-
المضاعف أو الجزء	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	0.1	0.01	
التفاوت كنسبة مئوية		±1	±2								±5	±10	±15

فمثلاً: إذا كان ألوان الحلقات الأربعة لمقاومة كربونية:

الحلقة الأولى بنى ويكافئ 1 .

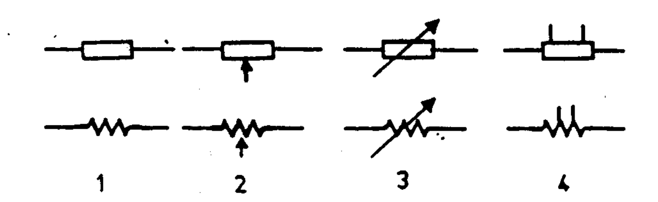
الحلقة الثانية أسود ويكافئ 0 .

الحلقة الثالثة أزرق ويكافئ 10^6 .

الحلقة الرابعة ذهبى ويكافئ ±5% .

فإن قيمة هذه المقاومة ($10x10^6±5\%$) أى ($10M\Omega±5\%$) .

وفيما يلى الرموز الكهربية للمقاومات الخطية، حيث إن الرمز 1 لمقاومة ثابتة، والرمز 2 لمجزئ جهد، والرمز 3 لريوستات، والرمز 4 لمقاومة بنقاط تفرع .



٢- المقاومات غير الخطية :

وهى مقاومات لا تخضع لقانون أوم؛ لأن قيمتها تتغير تبعًا لمؤثرات خارجية مثل :

أ – المقاومة الحرارية Thermistor، وهناك نوعان من المقاومات الحرارية وهما:

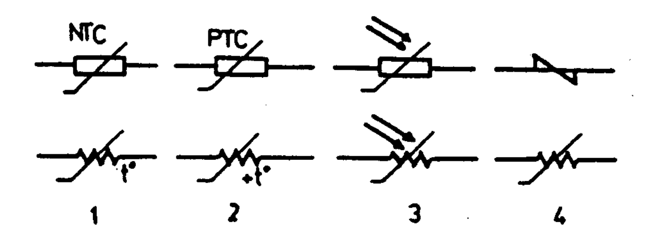
– المقاومة الحرارية PTC وهى مقاومة تزداد قيمتها بزيادة درجة حرارتها.

– المقاومة الحرارية NTC وهى مقاومة تقل قيمتها بزيادة درجة حرارتها.

ب – المقاومة الضوئية (الحساسة للضوء) LDR وتقل مقاومتها عند تعرضها للضوء من عدة ميجا أوم فى الظلام إلى عدة مئات من الأوم فى ضوء النهار.

جـ – مقاومة معتمدة على الجهد VDR وتقل قيمتها بزيادة الجهد المسلط عليها.

وفيما يلى رموز هذه المقاومات: فالرمز 1 لمقاومة حرارية ذات معامل حرارى سالب NTC. والرمز 2 لمقاومة حرارية ذات معامل حرارى موجب PTC. والرمز 3 لمقاومة ضوئية LDR. والرمز 4 لمقاومة معتمدة على الجهد VDR.



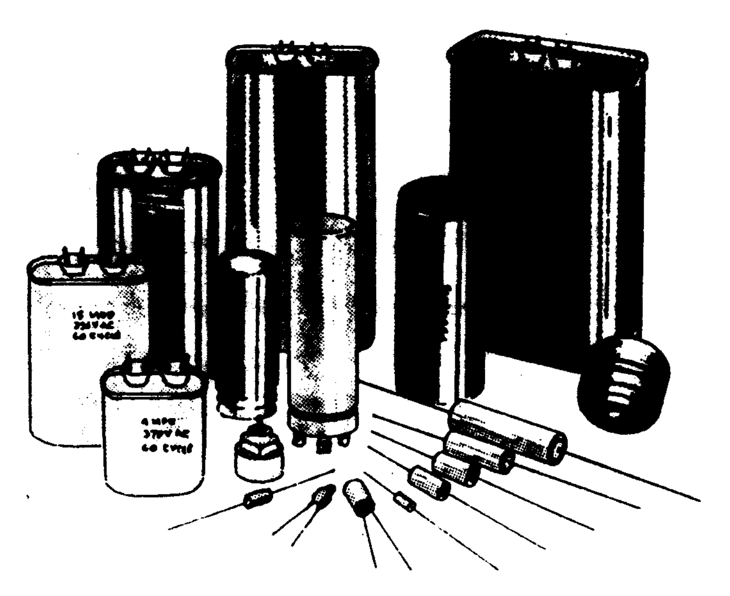
١ / ٤ / ٢ – المكثفات الكهربية Capacitors

يقوم المكثف بتخزين الشحنة الكهربية أثناء تعرضه لفرق جهد بين طرفيه، وتتوقف عملية الشحن عندما يتساوى الجهد المتشكل على أطراف المكثف مع جهد المصدر، ويقوم المكثف بتفريغ شحنته عند انخفاض جهد المصدر عن فرق الجهد بين طرفى المكثف أو انعدامه. ويسمى المكثف عادة تبعاً لنوع العازل المستخدم فيه مثل: الورق والميكا والسيراميك والمحاليل الكيميائية... إلخ. وتسمى وحدة قياس سعة المكثفات بالفاراد F، وهذه الوحدة كبيرة، لذلك تستخدم أجزاء هذه الوحدة مثل الميكروفاراد µF والنانوفاراد nF والبيكوفاراد pF حيث إن :-

$\mu F = 10^{-6}F, nF = 10^{-9}F, pF = 10^{-12}F$

والشكل (١ – ٧) يعرض نماذج مختلفة للمكثفات.

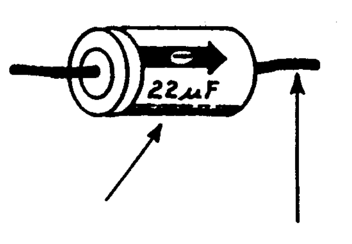
وتوجد عدة طرق لتشفير المعلومات الفنية للمكثفات تختلف باختلاف نوع المكثف أهمها ما يلى:

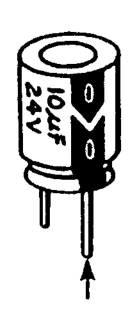


الشكل (١ - ٧)

١ - **طريقة العرض المباشر** : حيث تكتب المعلومات الفنية على الغلاف المعدنى للمكثف الكيميائى فتكتب سعة المكثف بالميكروفاراد µF وجهد التشغيل بالفولت وكذلك توضع قطبية أحد طرفى المكثف سواء الطرف الموجب + أو الطرف السالب -- وهذا موضح بالشكل (١ - ٨) حيث توضع إشارة حمراء عند القطب الموجب، وسوداء أو زرقاء عند القطب السالب.

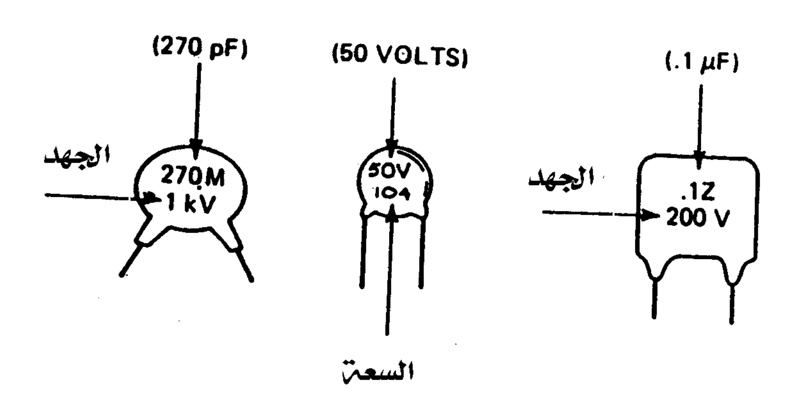
حيث إن الرجل (1) تمثل القطب السالب سواء فى المكثف ذات الأرجل النصف قطرية (أ) أو فى المكثف ذات الأرجل المحورية (ب).





الشكل (١ - ٨)

٢ - **طريقة التشفير الحرفية**: وتستخدم هذه الطريقة مع المكثفات الصغيرة التى تكون على شكل قرص Disc حيث يكتب عليها السعة وجهد التشغيل بأكواد مبسطة كما بالشكل (١ - ٩).



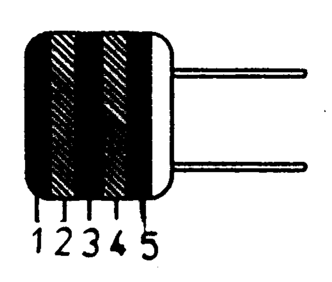
الشكل (١ - ٩)

فالسعات تكتب بأكواد حرفية، فالحرف Z يعنى ميكروفاراد µF، والحرف M يعنى بيكوفاراد PF.

فالشكل (أ) به مكثف سعته 1Z .أى 0.1 µ f . وبالشكل (ب) مكثف سعته 270 M أى سعته 270PF.

٣ - **طريقة التشفير العددية**: وتستخدم فيها ثلاثة أعداد، حيث يمثل العدد الثالث أعداد الأصفار بعد العددين الأول والثانى، ففى الشكل (جـ) مكثف سعته يعبر عنها بالشفرة 104 أى 100000PF، أما الجهد فيكتب مباشرة «على المكثف».

٤ - **طريقة التشفير بالألوان**: حيث ترسم عدة شرائط ملونة على غلاف المكثف كما بالشكل (١ - ١٠).



الشكل (١ - ١٠)

وتستخدم هذه الطريقة مع المكثفات البولى إستير الراتنجيه Resin Dipped Polyester Capacitor. والجدول (١ - ٥) يبين مدلول الألوان المختلفة للشرائط المختلفة.

الجدول (١ - ٥)

اللـــون	اسود	بنى	أحمر	برتقالى	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجى	رمادى	أبيض
الشريط الاول والثانى (الرقم المقابل)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
الشريط الثالث (المضاعف)				10^3	10^4	10^5				
الشريط الرابع التفاوت	±20%									±10%
الشريط الخامس الجهد المستمر			250V		400V					

مثال :

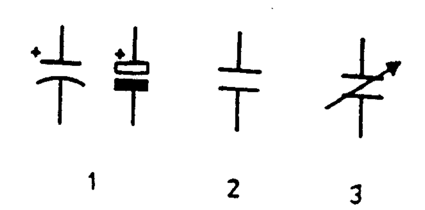
إذا كان لون الشريط الأول بنى ويكافىء 1

الشريط الثانى أسود ويكافىء	0
الشريط الثالث برتقالى ويكافىء	10^3
الشـريط الرابع أسـود ويكافىء	±20 %
الشـريط الخـامس أحـمـر ويكافىء	250 VDC

أى أن سـعـة المكثف تصبح مـساوية $10 \times 10^3 = 10^4$ PF مع تفاوت مقـداره ±20% وجهد تشغيل مستمر 250 VDC.

وفيما يلى رموز المكثفات:

فالرمز 1 لمكثف كيميائى، والرمز 2 لمكثف عادى، والرمز 3 لمكثف متغير السعة.



١ / ٤ / ٣ - المصهرات Fuses

عادة يتم حـماية الدوائر الرقـمية من الزيادة المفرطة للتيـار الكهربى عند حدوث قـصـر بالدائرة (أى تلامس الطرف الموجب + مع الطرف السـالب - أو مع أرضى الدائرة) وذلك باستخدام المصهرات.

وعـادة تكون المصـهرات المستخدمة فى حـماية الدوائر الالكترونية على شكل أنبوبة مصنوعة من الزجاج أو السيراميك لها قاعدتان معدنيتان متصلتان معًا من الداخل بسلك رفيع من النحاس أو الرصاص، وهذا السلك مصمم لكى ينقطع عند زيادة قيمة التيار المار بالمصهر عن الحد المقنن للمصهر بقيمة كبيرة، وهناك أنواع مختلفة من المصهرات حسب سرعة فصلها. وفيما يلى الأنواع المختلفة للمصهرات تبعًا لسرعة الفصل.

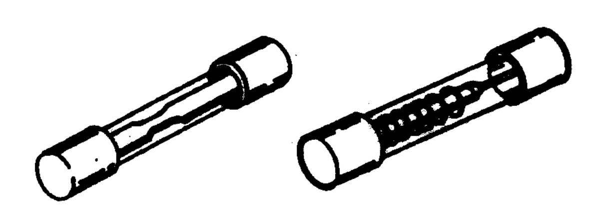
١ - مصـهـرات سريعة الفـصل بدرجة كـبيرة (FF)، وتستخدم لحماية العناصر

الالكترونية المصنوعة من أشباه الموصلات.

٢ - مصهرات سريعة الفصل (F).

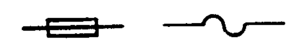
٣ - مصهرات تتحمل قفزات التيار المفاجئة (T) وهى تتحمل تيار يساوى 10 مرات من التيار المقنن لها بدون أن تنهار، وذلك خلال فترة زمنية تساوى 20ms وتستخدم لحماية المحولات.

والشكل (١ - ١١) يعرض نموذجًا لمصهر نوع T (الشكل أ)، وآخر لمصهر سريع الفصل (الشكل ب).



الشكل (١ - ١١)

وفيما يلى الرموز المختلفة للمصهرات:

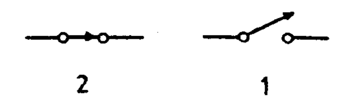


١ / ٤ / ٤ - المفاتيح اليدوية والضواغط

تعد المفاتيح اليدوية هي وسيلة الوصل والفصل اليدوية فى الدوائر الالكترونية، ويوجد عدة أنواع من المفاتيح تبعًا لوظيفتها مثل:

١ – مفتاح قطب واحد سكة واحدة (SPST) وهذا المفتاح يحتوى على ريشة واحدة إما مغلقة أو مفتوحة.

وفيما يلى رمز مفتاح SPST بريشة مفتوحة NO (الرمز 1) وبريشة مغلقة NC (الرمز 2).

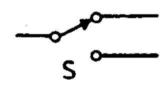


٢ – مفتاح قطبين سكة واحدة (DPST) وهذا المفتاح يحتوى على ريشتين مفتوحتين 2NO، أو مغلقتين 2NC، أو أحدهما مفتوحة والأخرى مغلقة NO + NC، وفيما يلى الرموز المختلفة لمفتاح قطبين سكة واحدة DPST.

1 2 3

٣ – مفتاح قطب واحد سكتين (SPDT) وهذا المفتاح له ريشة قلاب CO ويكون للمفتاح ثلاثة أطراف أحدهما مشترك، والثانى مفتوح، والثالث مغلق.

وفيما يلى رمز هذا المفتاح:



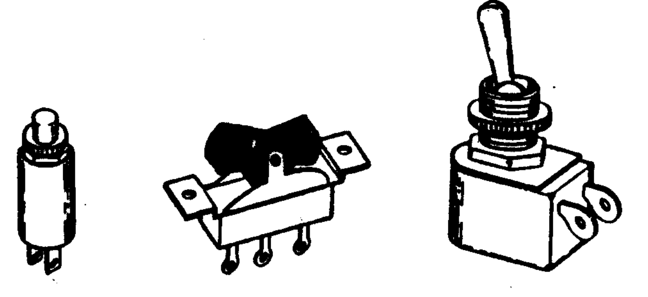
وتتواجد هذه المفاتيح المختلفة فى عدة صور تبعًا لطريقة تشغيلها:

أ – مفتاح بذراع يدوى Toggle Switch.

ب - مفتاح قلاب Rocker Switch .

جـ - مفتاح انضغاطى Push button Switch .

والشكل (١ - ١٢) يعرض صوراً توضيحية لهذه الأنواع مرتبة من اليمين لليسار.



الشكل (١ - ١٢)

والجدير بالذكر أن هناك فرق جوهرى بين الضاغط والمفتاح الانضغاطى، فالأول تتغير حالة ريشه، أى الريشة المغلقة تصبح مفتوحة والمفتوحة تصبح مغلقة أثناء الضغط عليه فقط. أما المفتاح الانضغاطى فتتغير حالة ريشة عند الضغط عليه، ويظل كذلك إلى أن يتم الضغط عليه مرة أخرى فتعود الريش لحالتها الطبيعية. وفيما يلى رمز ضاغط بريشة مغلقة NC (الرمز 1) ورمز ضاغط بريشة مفتوحة NO (الرمز 2).

PB PB

1 2

١ / ٤ / ٥ - ريليهات التحكم

الريلاى هو وسيلة كهرومغناطيسية لوصل وفصل التيار الكهربى عن الأحمال الكهربية. والشكل (١ - ١٣) يعرض التركيب الداخلى لأحد الريليهات الكهرومغناطيسية.

حيث إن :

ملف كهربى	1	حافظة	3	ريش تلامس	5
قلب مغناطيس	2	نقاط أبلاتين	4	سقاطة	6

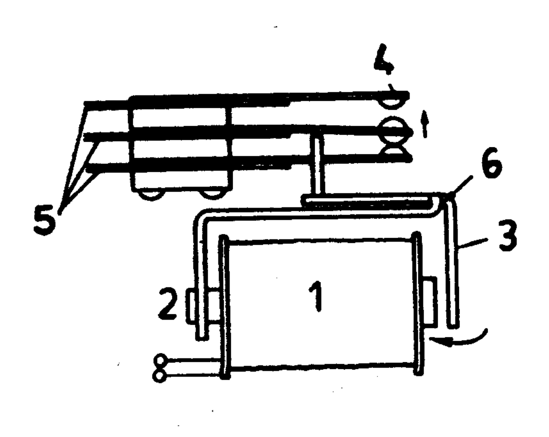
فعند وصول التيار الكهربى لملف الريلاى يتكون مجال مغناطيسى قادر على جذب القلب المغناطيسى فتقوم الحافظة بتغيير وضع ريش التلامس للريلاى فتصبح الريشة المفتوحة مغلقة والعكس بالعكس. ولكن بمجرد انقطاع التيار الكهربى عن ملف الريلاى تعود ريش الريلاى لوضعها الطبيعى.

وهناك نوعان من الريليهات :

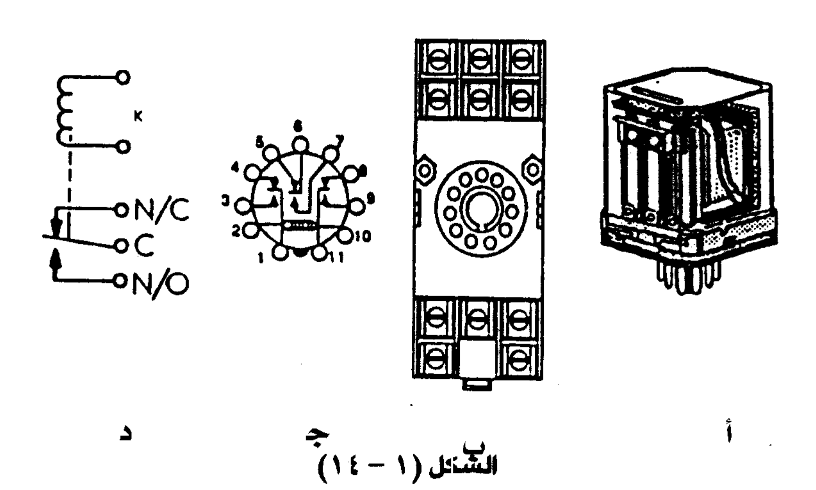
الأول : يثبت على اللوحات المطبوعة.

والثانى : يثبت على قاعدة تثبيت.

والشكل (١ - ١٤) يعرض ريلاى يثبت على قاعدة تثبيت (الشكل أ)، وقاعدة التثبيت (الشكل ب) ومخطط التوصيل (الشكل جـ) ورمز الريلاى (الشكل د).



الشكل (١ - ١٣)

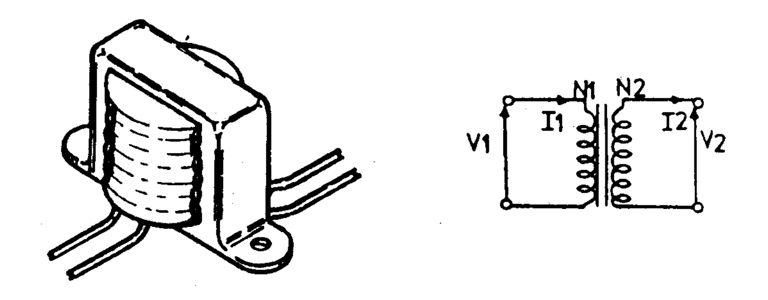


الشكل (١ - ١٤)

١ / ٤ / ٦ - المحولات Transformers

المحولات هى أجهزة تقوم بخفض أو رفع الجهد المتردد، وتستخدم فى بناء مصادر التيار المستمر، حيث تعمل على خفض الجهد المتردد من 220V أو 120V إلى (24V أو 12V أو 5V).

ويتكون المحول فى العادة من ملفين، أحدهما يسمى بالملف الابتدائى، والثانى يسمى بالملف الثانوى. والشكل (١ - ١٥) يعرض نموذجًا لأحد المحولات والدائرة المكافئة للمحول.



الشكل (١ - ١٥)

والمعادلة التالية تسمى بمعادلة المحول

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow 1.2$$

وعادة يختار المحول تبعًا للجهود المطلوبة فى الابتدائى والثانوى، وكذلك تبعًا لسعة المحول VA والتى نحصل عليها من المعادلة التالية :

$$VA = V_1 I_1 = V_2 I_2 \rightarrow 1.3$$

حيث إن :

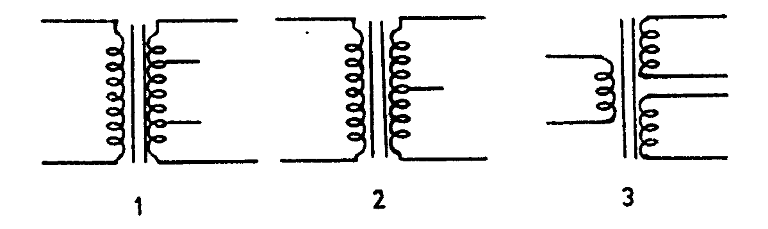
جهد الملف الابتدائى V_1 تيار الملف الابتدائى I_1.

عدد لفات الملف الابتدائى N_1 جهد الملف الثانوى V_2.

تيار الملف الثانوى I_2 عدد لفات الملف الثانوى N_2.

وبعض المحولات تحتوى على أكثر من ملف ثانوى للحصول على أكثر من جهد فى الجانب الثانوى، والآخر يحتوى على ملف ثانوى بنقطة منتصف أو أكثر.

وفيما يلى رموز بعض أنواع من المحولات، فالرمز 1 لمحول بعدة نقاط تفرع، والرمز 2 لمحول بملف ثانوى بنقطة منتصف (نقطة تفرع)، والرمز 3 لمحول بملفين ثانويين.



١ / ٤ / ٧ - الموحدات Diodes

يتكون الموحد من وصلة ثنائية P - N مصنوعة من أشباه الموصلات مثل :

السليكون (Si)، أو الجرمانيوم (Ge) ويتواجد الموحد فى الأسواق على شكل أسطوانة مرسوم عليها شريط ملون على أحد جانبيها للدلالة على مكان المادة

السالبة N، والتى تمثل المهبط Cathode، أما الجانب الآخر فيمثل المادة الموجبة P والتى تمثل المصعد Anode. والشكل (١ – ١٦) يعرض نموذجًا لثنائى صغير طراز 1N914 ورمزه.

ويعتبر الموحد فى الوضع الطبيعى كمفتاح مفتوح وبمجرد تعريضه لانحياز أمامى Forward bias أى ارتفاع جهد المصعد A عن جهد المهبط K بمقدار 0.7V فى حالة الموحد السليكونى يصبح كمفتاح مغلق، ويكون اتجاه مرور التيار الكهربى من المصعد للمهبط ويقال إن الموحد فى حالة وصل ON. أما عند

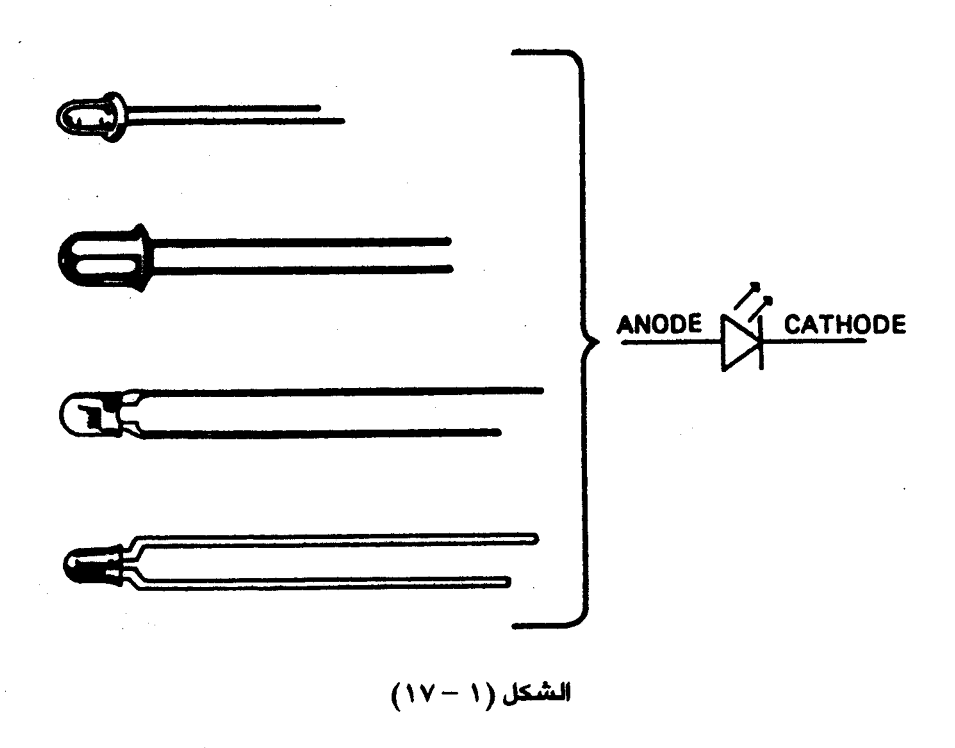
الشكل (١ – ١٦)

تعريض الموحد لانحياز عكسى Reverse bias أى تعريض المهبط K لجهد موجب بالنسبة لجهد المصعد A يمر تيار صغير جداً يسمى بتيار التسرب، ويعمل الموحد كمفتاح مفتوح، ويقال إن الموحد فى حالة قطع OFF.

والجدير بالذكر أن موحد السليكون يوصل عند جهد أمامى 0.7V، بينما يوصل موحد الجرمانيوم عند جهد أمامى 0.3V. لذلك يقال أن فقد الجهد فى موحد السليكون عندما يكون منحازاً أماميًا مساويًا 0.7V تقريبًا، فى حين أن فقد الجهد فى موحد الجرمانيوم عندما يكون منحازاً أماميًا يساوى 0.3V تقريبًا.

١ / ٤ / ٨ - الموحد الباعث للضوء LED

يشبه الموحد الباعث للضوء LED لحد كبير اللمبات الصغيرة، ويتواجد بألوان مختلفة وهو يستخدم كلمبة إشارة. والشكل (١ – ١٧) يعرض رمز وأشكال مختلفة لموحدات باعثة للضوء.



الشكل (١ - ١٧)

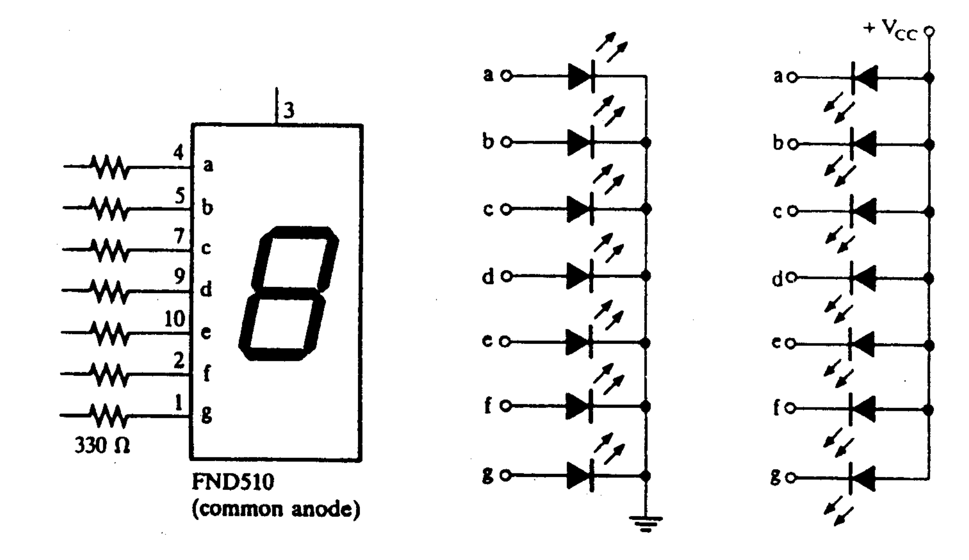
فعادة لا ينبعث ضوء من LED إلا عندما يكون منحازاً أماميًا بجهد أكبر من 2V، أما عندما يكون LED منحازاً عكسيًا فإنه لا يمرر تيار وبالتالى/يضىء. وتوجد ألوان مختلفة من الموحدات الباعثة للضوء مثل: الأحمر والأصفر والبرتقالى والأخضر والأزرق؛ وتعتمد شدة إضاءة LED على شدة التيار المار، والذى يتراوح ما بين (5:25mA). وعادة توصل مقاومة على التوالى مع LED لتحديد شدة التيار المار والجدول (١ - ٦) يبين قيم المقاومات التى توصل مع LED بالتوالى عند جهود مختلفة، علماً بأنه يوجد ثلاثة أنواع من الموحدات الباعثة للضوء الأولى منخفضة القدرة وتيارها (5mA)، والثانية قياسية وتيارها (10mA) والثالثة عالية القدرة وتيارها (20mA).

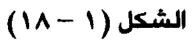
الجدول (١ - ٦)

جهد الامداد (V)	موحد باعث للضوء منخفض القدرة	موحد باعث للضوء قياسي	موحد باعث للضوء عالي القدرة
3	220 Ω	180 Ω	56 Ω
5	680 Ω	270 Ω	150 Ω
6	820 Ω	390 Ω	220 Ω
9	1.5 k Ω	680 Ω	390 Ω
12	2.2 K Ω	1 K Ω	560 Ω
15	2.7 K Ω	1.2 K Ω	680 Ω
18	3.3 K Ω	1.5 K Ω	820 Ω
24	4.7 KΩ	2.2 K Ω	1.2 KΩ

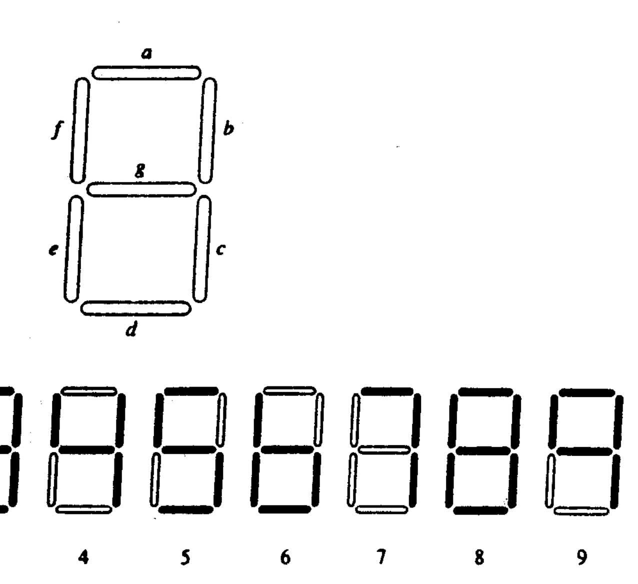
وتستخدم الموحدات الباعثة للضوء على نطاق واسع فى صناعة وحدات العرض الرقمية ذات السبع شرائح Seven Segment display والتى تستخدم مع أجهزة القياس والساعات الرقمية . . إلخ. وتتكون وحدة العرض الرقمية من 7 موحدات باعثة للضوء مبططة، وهى تتواجد فى صورتين، إما بمصعد مشترك Common Anode، أو مهبط مشترك Common Cathode. والشكل (١ - ١٨) يعرض دائرة وحدة عرض رقمية بمصعد مشترك (أ)، ودائرة وحدة عرض رقمية بمهبط مشترك (ب)، وشكل توضيحى لوحدة عرض رقمية بمصعد مشترك طراز FND510، بحيث توصل مهابط الموحدات السبعة بمقاومات 330 Ω لتحديد التيار عندما يكون جهد الإمداد 5V +.

والشكل (١ - ١٩) يبين كيفية الحصول على الأعداد 9 - 0 على وحدة عرض رقمية.





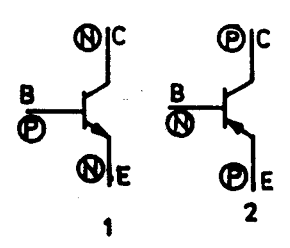
الشكل (١ - ١٨)



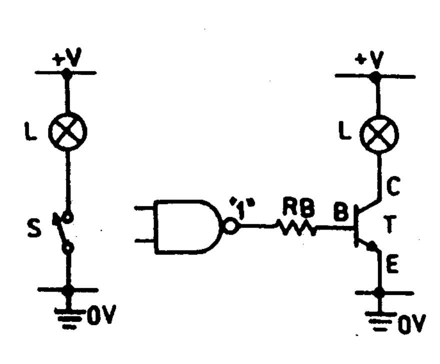
الشكل (١ - ١٩)

١ / ٤ / ٩ - الترانزستور ثنائي القطبية Bipolar transistor

يتكون الترانزستور ثنائي القطبية من وصلة ثلاثية إما NPN أو PNP . وللترانزستور ثلاثة أطراف، الطرف الأول يسمى بالمجمع (C)، والطرف الثانى يسمى القاعدة (B)، والطرف الثالث يسمى الباعث E. وفيما يلى رموز الترانزستورات فالرمز 1 لترانزستور NPN، والرمز 2 لترانزستورPNP ويبين اتجاه السهم الموضوع عند الباعث نوع الترانزستور، فالسهم الداخل للقاعدة يعنى ترانزستور PNP، والسهم الخارج من القاعدة يعنى ترانزستور NPN.

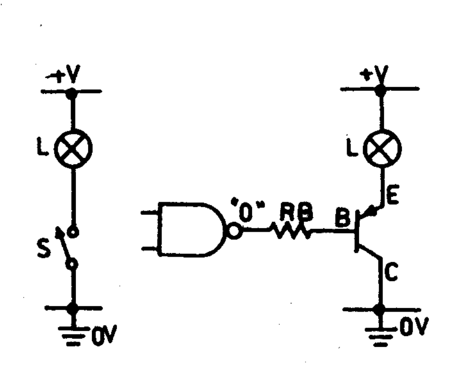


ويستخدم الترانزستور عادة كمفتاح وصل وقطع التيار الكهربى فى الدوائر الرقمية، كما يستخدم لرفع مستوى تيار البوابات المنطقية. فالشكل (١ - ٢٠) يبين طريقة توصيل ترانزستور NPN كمفتاح فى دوائر التيار المستمر (أ) والدائرة الكهربية المكافئة (ب)، فعندما يكون خرج البوابة المنطقية عاليًا فإن جهد القاعدة B يصبح أعلى من جهد الباعث E، فيمر تيار القاعدة I_B ويتحول الترانزستور من حالة القطع Cut Off إلى حالة الوصل ON، ويمر تيار المجمع I_C فتضيء اللمبة L_1. وعندما يصبح خرج البوابة منخفضًا يتحول الترانزستور لحالة القطع Off أى يصبح تيار المجمع I_C مساويًا الصفر.



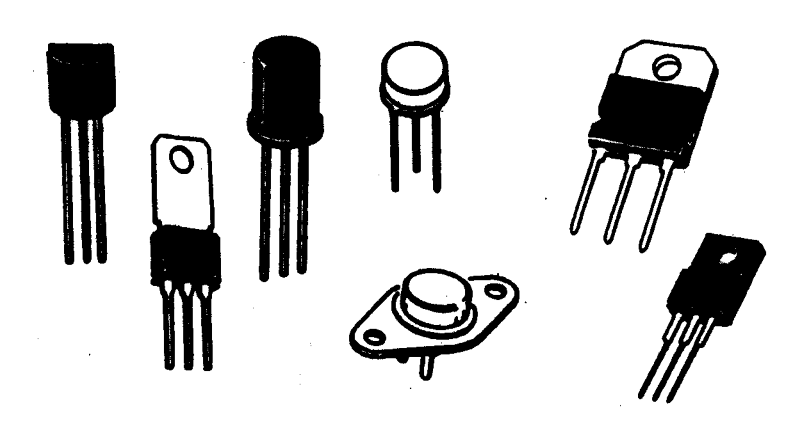
الشكل (١ - ٢٠)

والشكل (١ – ٢١) يبين طريقة استخدام ترانزستور PNP كمفتاح فى دوائر التيار المستمر (أ)، والدائرة المكافئة الكهربية باستخدام المفتاح اليدوى S (ب) . فعندما يكون خرج البوابة المنطقية منخفضًا فإن الترانزستور T سيتحول لحالة الوصل، وذلك لأن جهد القاعدة B أصبح منخفضًا عن جهد الباعث E، ويمر تيار سالب فى القاعدة ويتحول الترانزستور لحالة الوصل ويمر تيار الباعث ويضيء المصباح L1 . وعندما يصبح خرج البوابة عاليًا يتحول الترانزستور T لحالة القطع أى يصبح تيار الباعث IE مساويًا الصفر.



الشكل (١ – ٢١)

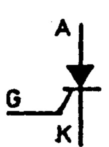
والشكل (١ – ٢٢) يعرض نماذج مختلفة للترانزستورات المتوفرة فى الأسواق.



الشكل (١ – ٢٢)

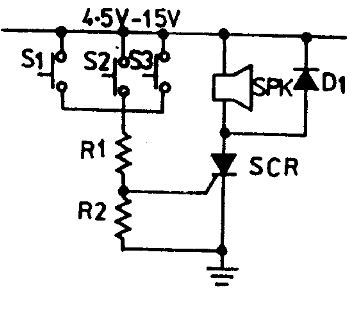
١ / ٤ / ١٠ - الثايرستور SCR

يستخدم الثايرستور كمفتاح فى دوائر التيار المستمر وكموحد فى دوائر التيار المتردد، وذلك فى الاستخدامات التى تحتاج تيارات عالية. وللثايرستور ثلاثة أطراف وهم: المهبط K، والمصعد A، والبوابة G. وعند وجود فرق جهد موجب بين البوابة والمهبط يتحول الثايرستور لحالة الوصل، ويصبح مكافئًا لمفتاح مغلق ويظل على هذا الحال حتى بعد انعدام فرق الجهد بين البوابة والمهبط إلى أن ينخفض التيار المار فيه عن الحد الأدنى اللازم لإبقاء الثايرستور فى حالة الوصل والذى يسمى بتيار الإمساك. **وفيما يلى رمز الثايرستور (SCR):**



والشكل (١ - ٢٣) يبين فكرة عمل الثايرستور لتشغيل سماعة SPK. فعند الضغط على أحد الضواغط S_1, S_2, S_3 فإن الجهد +15V سوف يقسم بالتساوى على المقاومتين R_1, R_2 لأنهما متساويتين وبالتالى يصبح فرق الجهد بين البوابة والمهبط 7.5V فيتحول الثايرستور لحالة الوصل ON ويمر تيار كهربى عبر السماعة مارًا بالمصعد A والمهبط K.

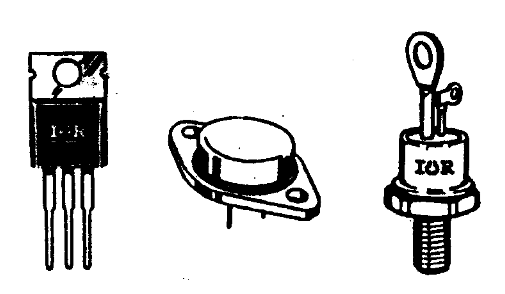
وعند إزالة الضغط عن الضاغط فإن الثايرستور سيظل فى حالة ON وتظل السماعة SPK فى حالة ON إلى أن يتم قطع التيار الكهربى عن الدائرة فينقطع التيار المار فى الثايرستور ويتحول الثايرستور لحالة القطع Turn Off.



الشكل (١ - ٢٣)

والجدير بالذكر أن الموحد D_1 يعمل على خمد القوة الدافعة الكهربية المتولدة عند إنقطاع التيار الكهربى عن ملف السماعة SPK، وبالتالى تمنع تلف الثايرستور.

والشكل (١ - ٢٤) يعرض نماذج مختلفة للثايرستورات المتوفرة فى الأسواق.

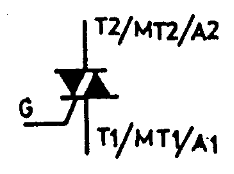


الشكل (١ - ٢٤)

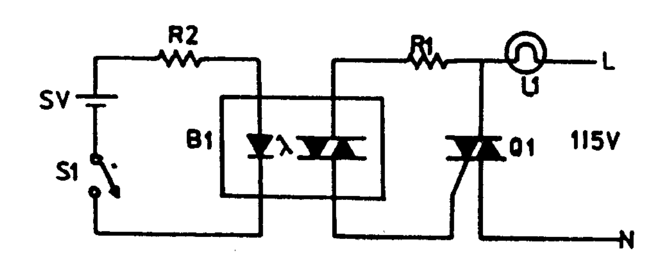
١ / ٤ / ١١ - الترياك Triac

يستخدم الترياك كمفتاح فى دوائر التيار المتردد، وذلك فى الاستخدامات التى تحتاج لتيارات عالية. وللترياك ثلاثة أطراف وهم الطرف الأول T_1 والطرف الثانى T_2 والبوابة G. وفى الوضع الطبيعى يكون الترياك فى حالة قطع Cut Off ويعمل كمفتاح مفتوح. وبمجرد تسليط فرق جهد فرق جهد بين البوابة G والطرف T_2 يتحول الترياك لحالة الوصل ON ويعمل كمفتاح مغلق ويمر التيار الكهربى من الطرف T_1 إلى الطرف T_2 طالما يوجد فرق جهد بين البوابة والطرف T_2.

وفيما يلى رمز الترياك:



والشكل (١- ٢٥) يوضح فكرة عمل الترياك فى دوائر التيار المتردد لتشغيل اللمبة L_1.



الشكل (١- ٢٥)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية	47Ω	وحدة ارتباط ضوئية طراز MOC3011	B_1
مقاومة كربونية	360Ω	مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
ترياك طراز	2N6342A		

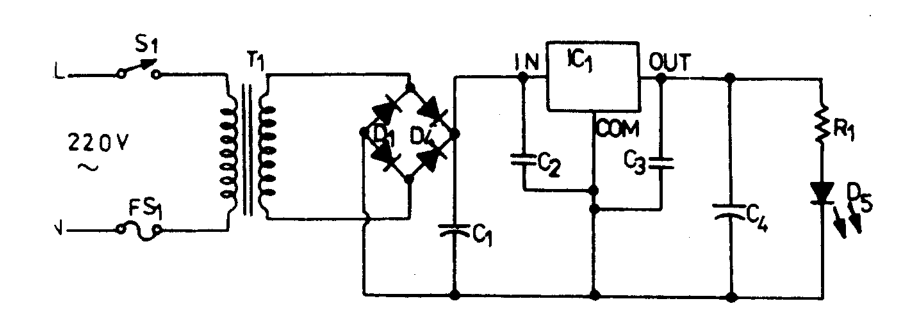
فعند غلق المفتاح S_1 فإن وحدة الارتباط الضوئى B_1 سوف تعمل لمرور تيار كهربى في الموحد الباعث للضوء الخاص بها، وبالتالى يتحول الترياك الضوئى لوحدة الارتباط لحالة الوصل ويصبح كما لو كان مفتاحاً مغلقاً، وينشأ عن ذلك فرق جهد بين البوابة G والطرف T_2 للترياك الرئيسى Q_1، فيتحول لحالة الوصل وتضىء اللمبة L_1، وتظل اللمبة L_1 مضيئة طالما أن المفتاح S_1 مغلق، ولكن بمجرد فتح المفتاح S_1 يتحول الترياك لوحدة الارتباط الضوئى B_1 لحالة القطع، ويصبح كمفتاح E مفتوح فيختفي فرق الجهد بين البوابة G والطرفT_2 للترياك الرئيسى Q_1، ويتحول هو الآخر لحالة القطع وينطفئ المصباح L_1.

والجدير بالذكر أن شكل الترياك لا يختلف عن شكل الثايرستور.

١ / ٥ - مصادر القدرة المستمرة المنتظمة

يتكون مصدر القدرة المستمرة المنتظمة من محول ودائرة توحيد تتكون من مجموعة من الموحدات ومكثفات لإزالة الذبذبات من خرج دائرة التوحيد ومنظم جهد لضمان ثبات جهد الخرج مع تغير تيار الحمل.

والشكل (١ - ٢٦) يعرض دائرة مصدر قدرة منتظم له جهد خرج 12V + والحد الأقصى لتيار الخرج يساوى 1A باستخدام منظم الجهد الثلاثي الأطراف7812 ، وهذه الدائرة يمكن استخدامها كمصدر قدرة لدوائر CMOS .



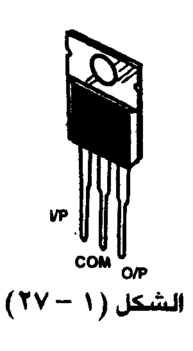
الشكل (١ - ٢٦)

عناصر الدائرة :

مكثف كيميائى 2200µF/24V	C_1	محول 220/ 12V وتياره 1A	T_1
مكثف بوليستير 100nF	C_2, C_3	مصهر بقاعدة تيار 500mA	FS_1
مكثف بوليستير 10µF	C_4	مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
موحدات طراز 1N5401	D_1 -D_4		

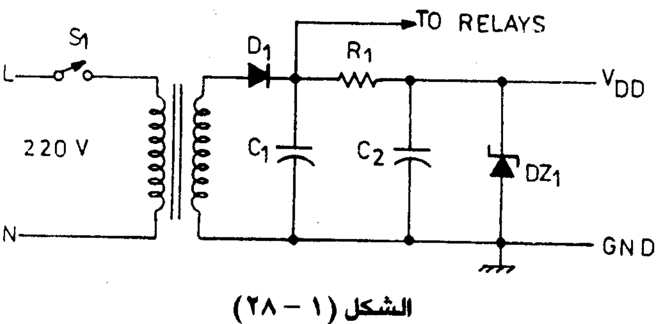
والجدير بالذكر أن منظم الجهد 7812 يجب تثبيته علي قطعة ألومنيوم من الألومنيوم أبعادها (105X2cm) وسمكها 2mm وذلك لتبريد منظم الجهد .

والشكل (١ - ٢٧) يعرض المسقط الرأسى لمنظم الجهد 7812.



الشكل (١ - ٢٧)

والشكل (١ - ٢٨) يعرض دائرة أخرى لمصدر قدرة مستمر منتظم جهد خرجه +9V، ويمكن استخدامه مع تجارب هذا الكتاب مع الدوائر الرقمية CMOS



الشكل (١ - ٢٨)

عناصر الدائرة:

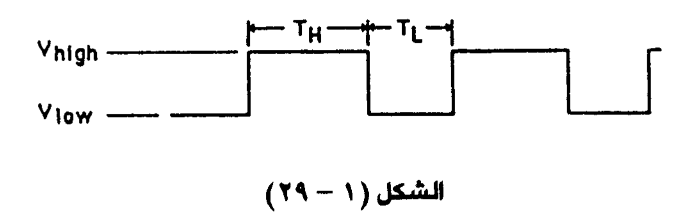
مقاومة كربونية 330Ω	R_1	موحد طراز BY126	D_1
مكثف كيميائى 100µF/16V	C_1, C_2	محول (220/12V) وتياره 1A	T_1
موحد زينر 400 mW/9V	DZ	مفتاح قطب واحدة سكة واحدة	S_1

نظرية التشغيل:

يقوم المحول T_1 بخفض جهد المصدر من 220V إلى 12V، ويقوم الموحد D_1 بتوحيد خرج المحول، وتقوم المكثفات C_1, C_2 والمقاومة R_1 بتنعيم خرج المصدر وإزالة التذبذبات، ويقوم موحد الزينر DZ_1 بالمحافظة على جهد أطراف الدائرة مساوياً +9V. علماً بأن موحد الزينر لا يختلف شكله عن الموحد العادى.

١ / ٦ - المذبذبات اللامستقرة:

تعتبر المذبذبات القلب النابض فى معظم الدوائر الرقمية. وتقوم المذبذبات العديمة الاستقرار Astable Multivibrators بتوليد موجات مربعة كمابالشكل (١ - ٢٩).



الشكل (١ – ٢٩)

حيث يتغير جهد هذه الموجات بين قيمتين ثابتين وهما: الجهد العالى Vhigh، والجهد المنخفض VLow . وأهم الدوائر المتكاملة المستخدمة فى بناء المذبذبات اللامستقرة وهما الدائرة المتكاملة 555.

والشكل (١ – ٣٠) يبين طريقة توصيل مؤقت NE 555 للحصول على مذبذب لا مستقر،

وتتراوح قيمة R1, R2 ما بين (1KΩ: 1MΩ).

وتتراوح قيمة C1 ما بين (10nF : 10 µF).

وللحصول على موجة مربعة ترددها 0.1HZ فإن مكونات هذه الدائرة تكون كما يلى:

مقاومة R1, R2 0.5MΩ

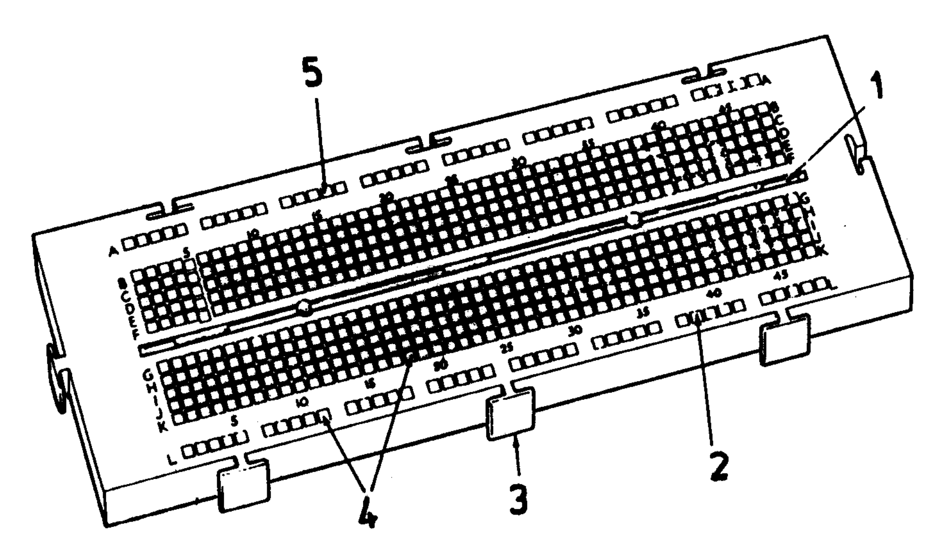
مكثف بوليستير 10 µF C1

الشكل (١ – ٣٠)

مكثف بوليستير 0.01µf C2 وتكون النسبة بين زمن الوصل إلى زمن الفصل مساويًا (2 : 1) ، كما أن أقصى تيار خرج لهذه الدائرة المتكاملة (100mA) .

١ / ٧ - لوحة التجارب Bread Board

لوحة التجارب هى لوحة تستخدم فى تنفيذ تجارب هذا الكتاب بدون لحام، ويمكن بسهولة تبديل عنصر مكان عنصر. والشكل (١ - ٣١) يبين أحد نماذج لوحات التجارب.



الشكل (١ - ٣١)

حيث إن:

القناة المركزية	1	مقابس	4
الصف السالب	2	الصف الموجب	5
أذنيه	3		

وتحتوى هذه اللوحة على 12 صفًا، والصف العلوى يتكون من 40 قابسًا متصلة فيما بينها، وكذلك فإن الصف السفلى يتكون من 40 قابسًا متصلة فيما بينها. ويخصص الصف العلوى عادة للجهد الموجب للدائرة. أما الصف السفلى فيخصص للجهد السالب أو الأرضى.

والجدير بالذكر أن باقى الصفوف العشرة تحتوى على 50 قابسًا، وتتصل مقابس كل عمود أعلى القناة المركزية 1، وكذلك تتصل مقابس كل عمود أسفل القناة

المركزية. فمثلا تتصل المقابس F10 , E10, D10, C10, B10 معًا، وأيضًا تتصل المقابس G12 , H12 , I12, J12, K12 معًا وهكذا. حيث إن F10 تعنى القابس الموجود فى الصف F والعمود رقم 10 .

وتزود هذه اللوحة بمجموعة من الأذنيات والشقوق، فيوجد ثلاثة أذنيات على امتداد الجانب السفلى، وثلاثة شقوق على امتداد الجانب العلوى.

وكذلك يوجد أذنيه واحدة فى الجهة اليسرى، وشق واحد فى الجهة اليمنى. ويستفاد من الأذنيات والشقوق فى إمكانية تجميع أكثر من لوحة تجارب معًا لعمل لوحة تجارب كبيرة للدوائر الالكترونية الكبيرة.

فيمكن تجميع مجموعة من لوحات التجارب إما بالعرض أو بالطول حيث تدخل أذنيات لوحة التجارب فى شقوق اللوحة الأخرى وهكذا.

والجدير بالذكر أن لوحات التجارب لا يمكن الاعتماد عليها بشكل نهائى، فهى تستخدم للتجارب فقط كما هو واضح من اسمها، حيث تستخدم فى اختبار أى دائرة قبل الشروع فى تنفيذ هذه الدائرة على اللوحات المطبوعة.



الباب الثاني

التجارب العملية على

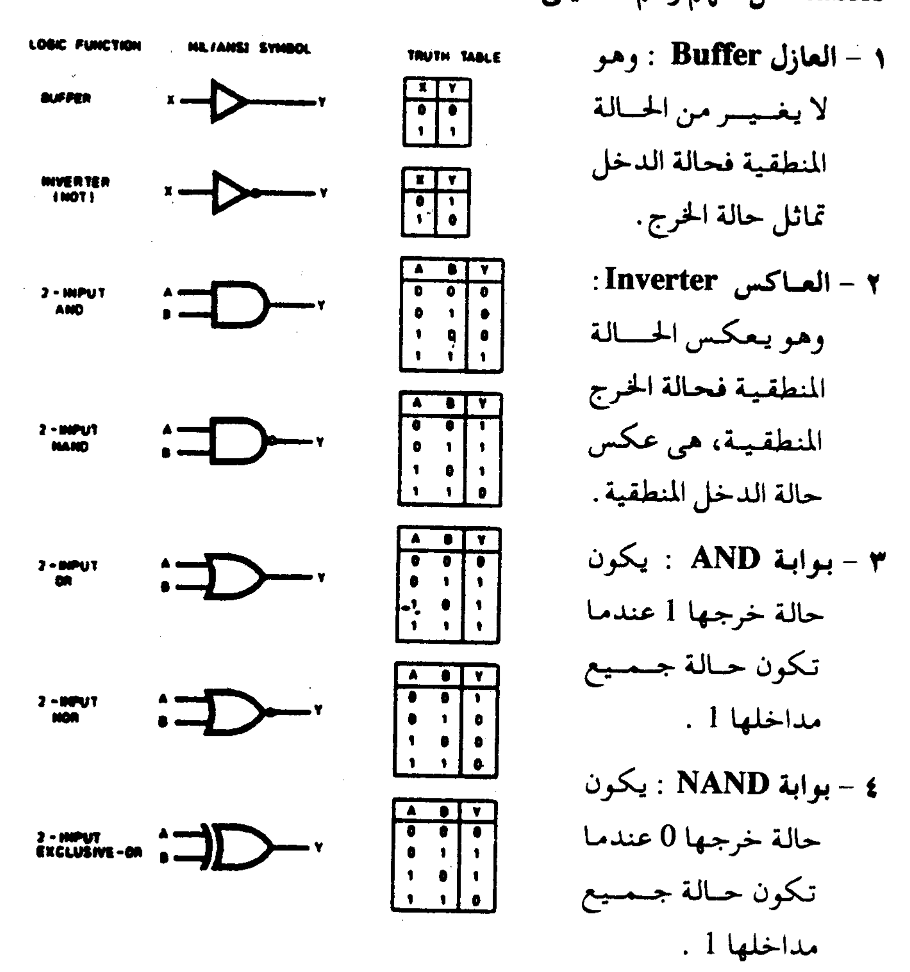
الدوائـــر الرقمية CMOS

التجارب العملية على

الدوائر المتكاملة CMOS

٢ / ١ - البوابات المنطقية Logic gates

الشكل المقابل يعرض رموز البوابات المنطقية المختلفة وجداول الحقيقة Truth tables لكلٍّ منهم وهم كما يلي :



١ - العازل **Buffer** : وهو لا يغـيـر من الحـالة المنطقية فحالة الدخل تماثل حالة الخرج.

٢ - العـاكس **Inverter**: وهو يعكس الحـالة المنطقيـة فحالة الخرج المنطقيـة، هى عكس حالة الدخل المنطقية.

٣ - بوابة **AND** : يكون حالة خرجها 1 عندما تكون حـالة جـمـيع مداخلها 1 .

٤ - بوابة **NAND** : يكون حالة خرجها 0 عندما تكون حـالة جـمـيع مداخلها 1 .

٥ - بوابة **OR** : يكون حالة مخرجها 1 عندمـا تكون حـالـة أحد مداخلها على

الأقل 1 .

٦ - بوابة **NOR** : يكون حالة مخرجها 0 عندما تكون حالة أحد مداخلها على الأقل 1 .

٧ - بوابة **XOR** : يكون حالة مخرجها 1 عندما تكون حالة عدد فردى من مداخلها 1 .

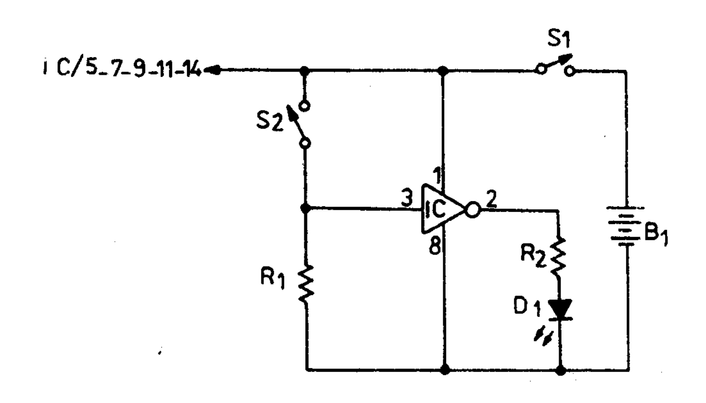
٨ - بوابة **XNOR** : يكون حالة مخرجها 0 عندما تكون حالة عدد فردى من مداخلها 1 .

ملاحظة :

XOR تعنى (Exclusive OR) أما XNOR تعنى (Exclusive NOR) .

تجربة رقم (١) دراسة عمل العاكس Inverter

الشكل (٢ - ١) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل العاكس.



الشكل (٢ - ١)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 100KΩ	R1
مقاومة كربونية 680Ω	R2

موحد مشع 10mA	D_1
دائرة متكاملة تحتوى على ست عواكس طراز CD4049	IC_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
بطارية 9V	B_1

لوحة تجارب :

قاعدة دائرة متكاملة بستة عشر رجلاً

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ١).

٢ – إغلق المفتاح S_1 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى.

٣– أترك المفتاح S_2 مفتوح (OFF) وراقب حالة الموحد المشع D_1 .

٤ – اغلق المفتاح S_2 ليكون ON راقب حالة الموحد المشع D_1 .

٥ – تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوة (٣، ٤) تتفق مع جدول الحقيقة التالى :

جدول الحقيقة

الخرج		الدخل	
الموحد D_1	الرجل 2	المفتاح S_2	الرجل 3
ON	1	OFF	0
OFF	0	ON	1

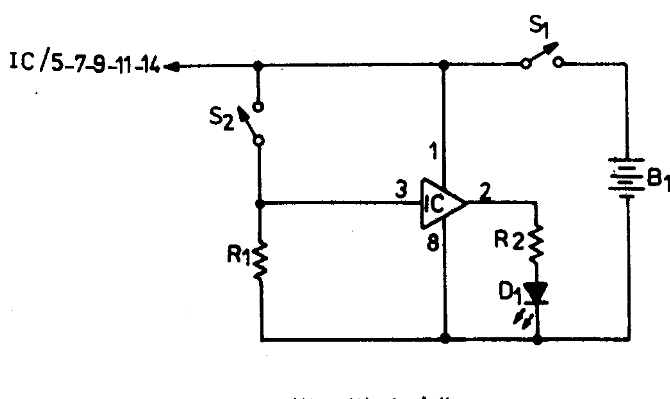
والجدير بالذكر أن الموحد D_1 يضىء (ON) عندما يكون خرج العاكس عاليًا، فى حين يكون الموحد D_1 معتمًا (OFF)عندما يكون خرج العاكس منخفضًا.

الخلاصة :

يكون خرج العاكس عاليًا عندما (1)تكون حالة دخله منخفضة (0)والعكس بالعكس.

تجربة رقم (٢) دراسة عمل العازل Buffer

الشكل (٢ – ٢) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل العازل.



الشكل (٢ – ٢)

عناصر الدائرة :

لا تختلف عن المستخدمة فى التجربة رقم (1) عدا أنه يستخدم دائرة متكاملة طراز CD4050.

خطوات التجربة:

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٢).

٢ – كرر الخطوات ٢، ٣، ٤ فى التجربة رقم (1) .

٣ – تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوة ٢ تتفق مع جدول الحقيقة التالى :

جدول الحقيقة

الخرج		الدخل	
الموحد D1	الرجل 2	المفتاح S2	الرجل 3
ON	1	OFF	0
OFF	0	ON	1

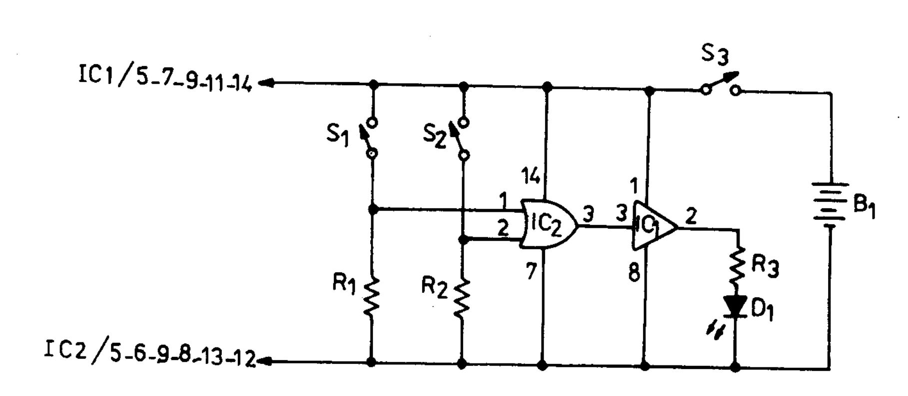
الخلاصة :

١ - يكون خرج العازل عاليًا (1) عندما يكون حالة مدخله عاليًا (1) .

٢ - يكون خرج العازل (0) منخفضًا عندما يكون حالة مدخله منخفضًا (0) .

التجربة رقم (٣) دراسة عمل بوابة OR

الشكل (٢-٣) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل بوابة OR .



الشكل (٢ - ٣)

عناصر الدائرة :

مقاومات كربونية 100KΩ	R_1 , R_2
مقاومة كربونية 680Ω	R_3
موحد مشع 10mA	D_1
دائرة متكاملة طراز CD4050	IC_1
دائرة متكاملة طراز CD4071	IC_2
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	S_1
بطارية 9V	B_1
لوحة تجارب	
قاعدة IC بأربعة عشر رجلاً .	

قاعدة IC بستة عشر رجلاً.

خطوات التجربة :

١ - نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ - ٣).

٢ - اغلق المفتاح S_3 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى.

٣ - اترك المفاتيح S_1 , S_2 مفتوحة ولاحظ حالة الموحد المشع D_1 .

٤ - اغلق المفتاح S_1 واترك المفتاح S_2 مفتوحًا ولاحظ حالة D_1 .

٥ - اغلق المفتاح S_2 واترك المفتاح S_1 مفتوحًا ولاحظ حالة D_1 .

٦ - اغلق المفتاحين S_1 ، S_2 وراقب حالة الموحد D_1 .

٧ - تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوات ٣، ٤، ٥، ٦ تتفق مع جدول الحقيقة التالى.

جدول الحقيقة .

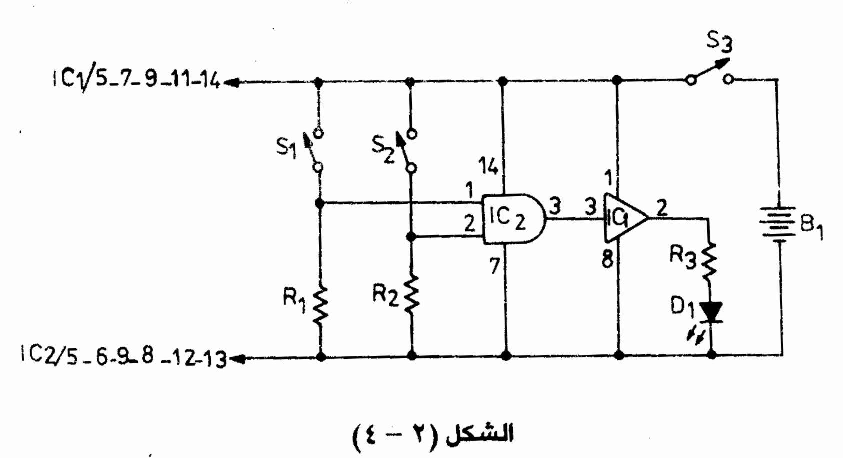
الخرج	الدخل	
الرجل 3	الرجل 2	الرجل 1
0	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

الخلاصة:

يكون خرج بوابة OR عاليًا (1) عندما تكون حالة أحد مداخلها على الأقل عاليًا (1).

تجربة رقم (٤) دراسة عمل بوابة AND

الشكل (٢ - ٤) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل بوابة AND .



الشكل (٢ – ٤)

عناصر الدائرة :

لا تختلف عن عناصر الدائرة المبينة فى الشكل (٢–٤) عدا أن الدائرة المتكاملة CD4071 تستبدل بالدائرة المتكاملة CD4081 .

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٤) .

٢ – كرر الخطوات ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ فى التجربة السابقة .

٣ – تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوة ٢ تتفق مع جدول الحقيقة التالى .

جدول الحقيقة

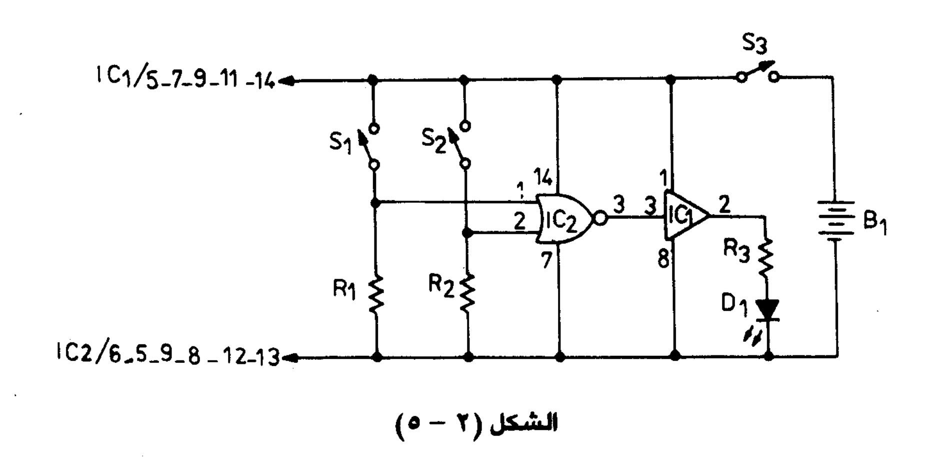
الخرج	الدخـــــل	
الرجل 3	الرجل 2	الرجل 1
0	0	0
0	0	1
0	1	0
1	1	1

الخلاصة :

يكون خرج بوابة AND عاليًا عندما تكون حالة جميع مداخلها عالية .

التجربة رقم (٥) دراسة عمل بوابة NOR

الشكل (٢ – ٥) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل بوابة NOR .



الشكل (٢ – ٥)

عناصر الدائرة :

نفس عناصر التجربة السابقة عدا أن الدائرة المتكاملة CD4081 استبدلت بالدائرة المتكاملة CD4001 .

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢–٥) .

٢ – كرر الخطوات ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ فى التجربة رقم (3) .

٣ – تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوة ٢ تتفق مع جدول الحقيقة التالى .

جدول الحقيقة

الخرج	الدخـــــل	
الرجل 3	الرجل 2	الرجل 1
1	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1

الخلاصة:

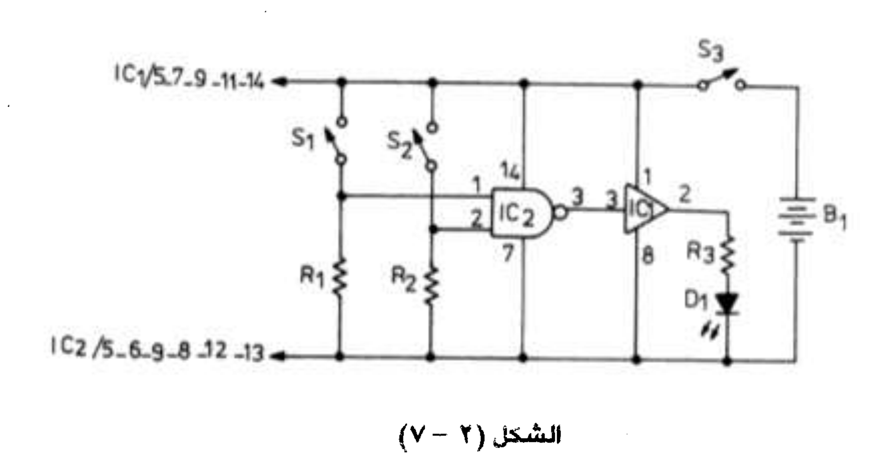
يكون خرج بوابة NOR مرتفعًا عندما تكون حالة جميع مداخلها منخفضة فقط.
والشكل (٢ – ٦) يعرض الدائرة المكافئة لبوابة NOR باستخدام بوابة OR وعاكس.



الشكل (٢ – ٦)

التجربة رقم (٦) دراسة عمل بوابة NAND

الشكل (٢ – ٧) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة بوابة NAND.



الشكل (٢ – ٧)

عناصر الدائرة:

لا تختلف عن التجربة السابقة عدا أن الدائرة المتكاملة CD4001 تستبدل بالدائرة المتكاملة CD4011 .

خطوات التجربة:

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٧).

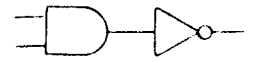
٢ – كرر الخطوات ٢، ٣، ٤، ٥، ٦ فى التجربة رقم (٣).

٣ – تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوة ٢ تتفق مع محتويات جدول الحقيقة التالى:

جدول الحقيقة

الخرج	الدخــــل	
الرجل 3	الرجل 2	الرجل 1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
0	1	1

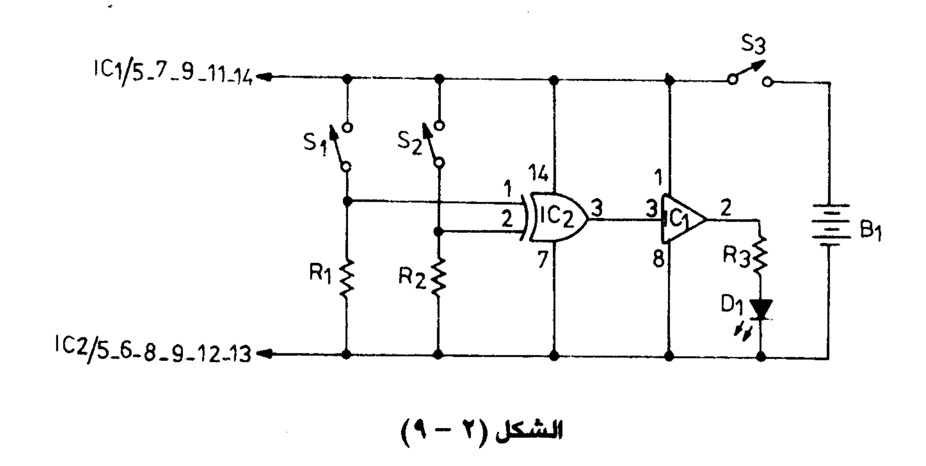
الخلاصة: يكون خـرج بوابة NAND منخفضاً (0) عندما تكون حالة جميع مداخلها عالية (1) . والشكل (٢ – ٨) يبين الدائرة المكافئة لبوابة NAND باستخدام بوابة AND وعاكس.



الشكل (٢ – ٨)

التجربة رقم (٧) دراسة عمل بوابة XOR

الشكل (٢ – ٩) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل بوابة XOR.



الشكل (٢ – ٩)

عناصر الدائرة:

لا تختلف عن التجربة السابقة عدا أن الدائرة المتكاملة CD4011 تستبدل بالدائرة المتكاملة CD4030.

خطوات التجربة:

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل.

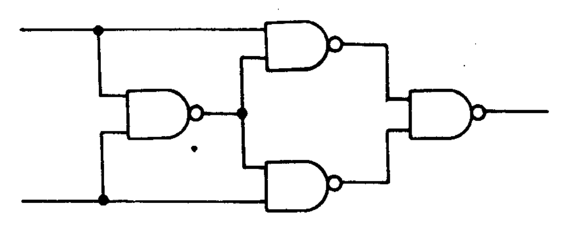
٢ – كرر الخطوات ٢،٣،٤،٥،٦ فى التجربة رقم (3).

٣ – تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوة ٢ تتفق مع محتويات جدول الحقيقة التالى.

جدول الحقيقة

المخـــرج	المداخـــــل	
الرجل 3	الرجل 2	الرجل 1
0	0	0
1	0	1
1	1	0
0	1	1

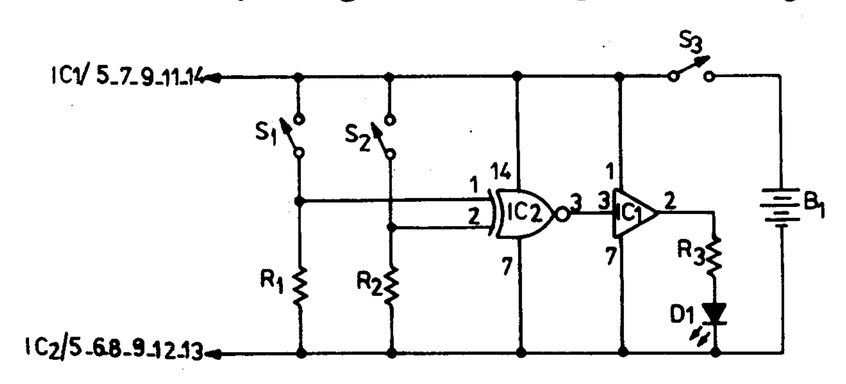
الخلاصة : يكون خرج بوابة XOR عالياً (1) عندما تكون حالة عدد فردى من مداخلها عالية (1) . والشكل (٢-١٠) يعـرض الدائرة المكافـئـة لبـوابة XOR باستخدام أربعة بوابات NAND .



الشكل (٢ -١٠)

التجربة رقم (٨) دراسة عمل بوابة XNOR

الشكل (٢ – ١١) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة بوابة XNOR .



الشكل (٢ – ١١)

عناصر الدائرة:

لا تختلف عن التجربة السابقة عدا أن الدائرة المتكاملة CD4030 تستبدل بالدائرة المتكاملة CD4077 .

خطوات التجربة:

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ١١).

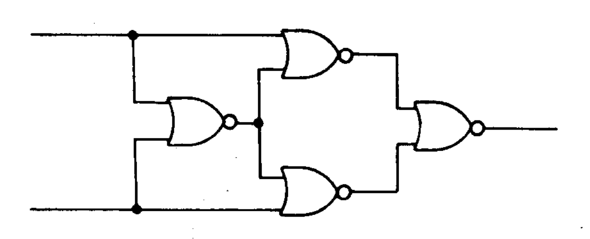
٢ – كرر الخطوات ٢، ٣، ٤، ٥، ٦ فى التجربة رقم (3).

٣ – تأكد من أن ملاحظاتك فى الخطوة ٢ تتفق مع محتويات جدول الحقيقة التالى:

جدول الحقيقة

الخـــرج	المداخـــــل	
الرجل 3	الرجل 2	الرجل 1
1	0	0
0	0	1
0	1	0
1	1	1

الخلاصة: يكون خرج بوابة XNOR منخفضاً (0)عندما تكون حالة عدد فردى من مداخلها عالياً(1) . والشكل (٢– ١٢) يعرض الدائرة المكافئة لبوابة XNOR باستخدام أربع بوابات NOR.



الشكل (٢–١٢)

٢ / ٢ – القلابات Flip Flops

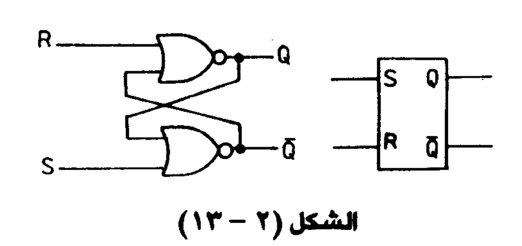
تسمى القلابات أحياناً بالعناصر الثنائية الاستقرار، ولهذه العناصر حالتان إما عالية 1، أو منخفضة 0. وتمثل هذه العناصر نوعاً بسيطاً من أنواع الذاكرة؛ وذلك لأن

حالة خرجها فى أى لحظة يتحدد بحالة آخر إشارة دخل وصلت لها. وسنتعرض فى التجارب التالية لدراسة أهم القلابات.

التجربة رقم (٩) بناء القلاب R-S باستخدام بوابتى NOR

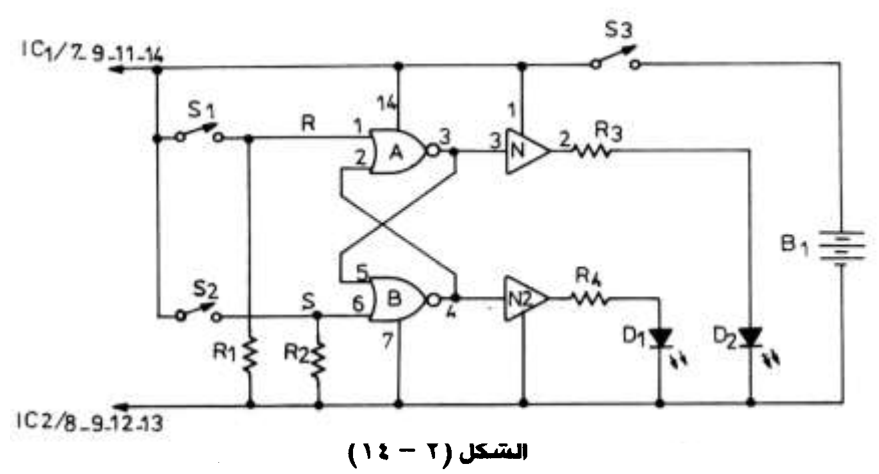
الشكل (٢ – ١٣) يعرض رمز القلاب R-S (الشكل أ)، والدائرة المكافئة باستخدام بوابين NOR (الشكل ب)، ويلاحظ أن للقلاب R-S مدخلين ومخرجين وهم كما يلى:

مدخل التحرير (R)	Reset	مخرج القلاب	Q
مدخل الإمساك (S)	Set	مخرج القلاب المعكوس	$\bar{Q}$



الشكل (٢ – ١٣)

والشكل (٢ – ١٤) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل قلاب R-S باستخدام بوابتى NOR.



الشكل (٢ – ١٤)

عناصر الدائرة:

مقاومات كربونية 100KΩ R1,R2 مفاتيح قطب واحد سكة واحدة S1:S3

مقاومات كربونية 680Ω	R_3,R_4	بطارية 9V	B_1
موحدات مشعة 10mA	D_1,D_2	لوحة تجارب	
دائرة متكاملة طراز CD4001	Ic_1	قاعدة Ic بأربعة عشر رجلاً	
دائرة متكاملة طراز CD4050	Ic_2	قاعدة Ic بستة عشر رجلاً	

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢–١٤) .

٢ – اغلق المفتاح S_3 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى .

٣ – اغلق المفتاح S_2، وافتح المفتاح S_1، ولاحظ حالة المخارج $Q,\overline{Q}$.

٤ – افتح المفتاحين S_1,S_2 ولاحظ حالة المخارج $Q,\overline{Q}$.

٥ – اغلق المفتاح S_1 وافتح المفتاح S_2 ولاحظ حالة المخارج $Q,\overline{Q}$.

٦ – افتح المفتاحين S_1,S_2 ولاحظ حالة المخارج $Q,\overline{Q}$.

٧ – اغلق المفتاحين S_1,S_2 ولاحظ حالة المخارج $Q,\overline{Q}$.

٨ – تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوات ٣، ٤، ٥، ٦، ٧ تتفق مع محتويات جدول الحقيقة التالى :

جدول الحقيقة

المداخل		المخارج	
S الرجل 6	R الرجل 1	Q الرجل 3	$\overline{Q}$ الرجل 4
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	0	0	1
1	1	غير محدد	

الخلاصة:

١ – عندما تكون حالة مدخل الإمساك (S) عالية، وحالة مدخل التحرير R منخفضة تصبح حالة مخرج القلاب Q عالية، وحالة المخرج المعكوس $\overline{Q}$ منخفض.

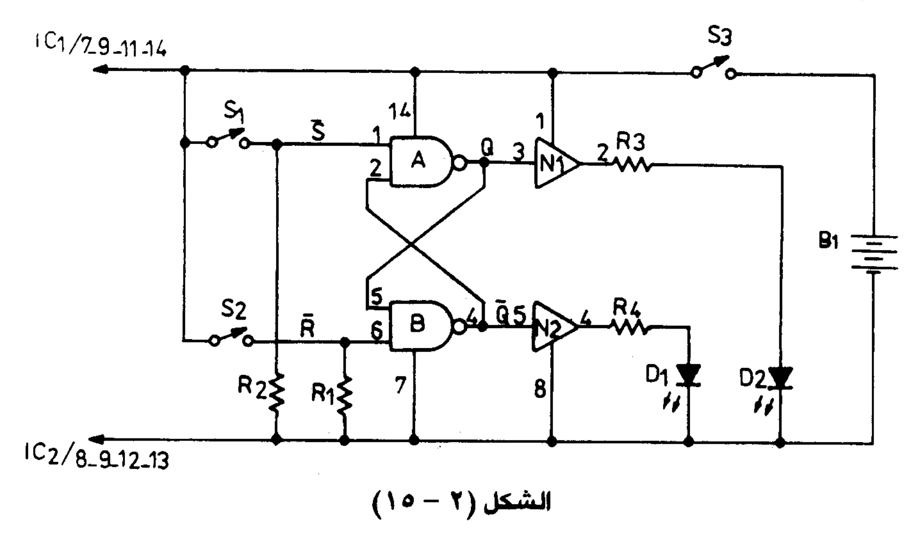
٢ – عندما تكون حالة مدخل الإمساك S منخفضة، وحالة مدخل التحرير R عالية يصبح حالة مخرج القلاب Q منخفضاً، وحالة المخرج المعكوس Q عالياً.

٣ – عندما يكون حالة كلا المدخلين R,S منخفضاً لاتتغير حالة مخارج القلاب عن آخر وضع لها.

٤ – عندما تكون حالة كلا المدخلين R,S عالياً، يصبح حالة مخارج القلاب غير محددة (أى مرة عالية ومرة منخفضة) لذلك يجب استبعاد هذه الحالة.

التجربة رقم (١٠) بناء قلاب R-S باستخدام بوابتى NAND

الشكل (٢–١٥) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل القلاب R-S باستخدام بوابتى NAND.



الشكل (٢ – ١٥)

عناصر الدائرة:

لا تختلف عن عناصر التجربة السابقة عدا أن الدائرة المتكاملة CD4001 استبدلت بالدائرة المتكاملة CD4011.

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ١٥) .

٢ – اغلق المفتاح S_3 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى .

٣ – اغلق المفتاح S_1 وافتح المفتاح S_2 ولاحظ حالة المخارج $Q,\overline{Q}$.

٤ – اغلق المفتاحين S_1,S_2 ولاحظ حالة المخارج $Q,\overline{Q}$.

٥ – اغلق المفتاح S_2 وافتح المفتاح S_1 ولاحظ حالة $Q,\overline{Q}$.

٦ – اغلق المفتاحين S_1,S_2 ولاحظ حالة $Q,\overline{Q}$.

٧ – افتح المفتاحين S_1,S_2 ولاحظ حالة $Q,\overline{Q}$.

٨ – تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوات ٣، ٤، ٥، ٦، ٧ تتفق مع محتويات جدول الحقيقة التالى .

جدول الحقيقة

المداخل		الخارج	
$\overline{S}$ الرجل 1	$\overline{R}$ الرجل 6	Q الرجل 3	$\overline{Q}$ الرجل 4
1	0	0	1
1	1	0	1
0	1	1	0
1	1	1	0
0	0	غير محدد	

الخلاصة :

١ – عندما تكون حالة مدخل الإمساك المعكوس $\overline{S}$ منخفضة، وحالة مدخل التحرير المعكوس $\overline{R}$ عالية، تصبح حالة مخرج القلاب Q عالية، وحالة المخرج المعكوس $\overline{Q}$ منخفضة .

٢ – عندما تكون حالة $\overline{S}$ عالية وحالة $\overline{R}$ منخفضة تصبح حالة Q منخفضة وحالة $\overline{Q}$ عالية.

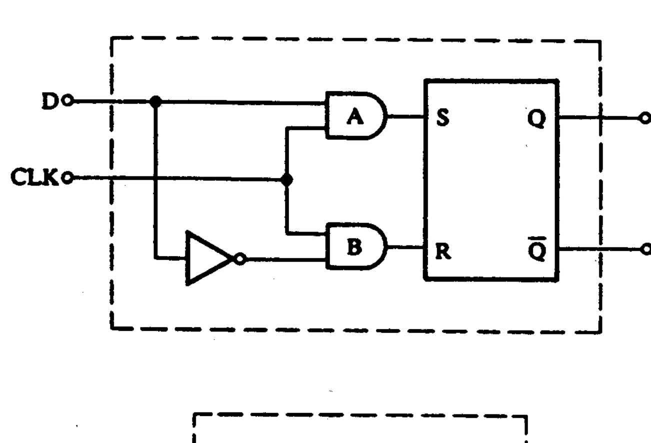
٣ – عندما تكون حالة كلا المدخلين $\overline{R},\overline{S}$ عالية لاتتغير حالة مخارج القلاب عن آخر وضع لها.

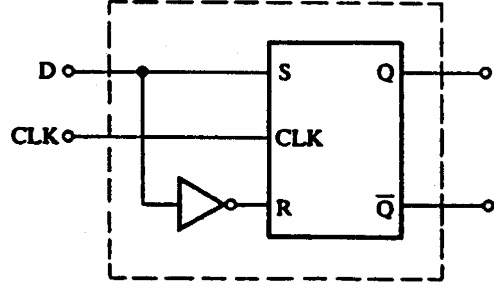
٤ – عندما تكون حالة كلٌ من $\overline{R},\overline{S}$ منخفضة، فإن خرج القلاب يكون غير محدد أى مرة مرتفعاً ومرة منخفضاً، وهذه الحالة يجب أن تستبعد.

التجربة رقم (١١) دراسة عمل القلاب D

صمم هذا القلاب للتغلب على المشكلة التى ظهرت من القلاب S-R والتى تتمثل فى أنه عندما تكون حالة كلٌ من مدخل الإمساك S، ومدخل التحرير R عالية، فإن حالة المخرج Q تكون غير محددة وذلك بالتأكد من حالة مدخل الإمساك S هى معكوس حالة مدخل التحرير R.

والشكل (٢ – ١٦) يعرض رمز قلاب D المختصر ورمز قلاب D المفصل.





الشكل (٢ – ١٦)

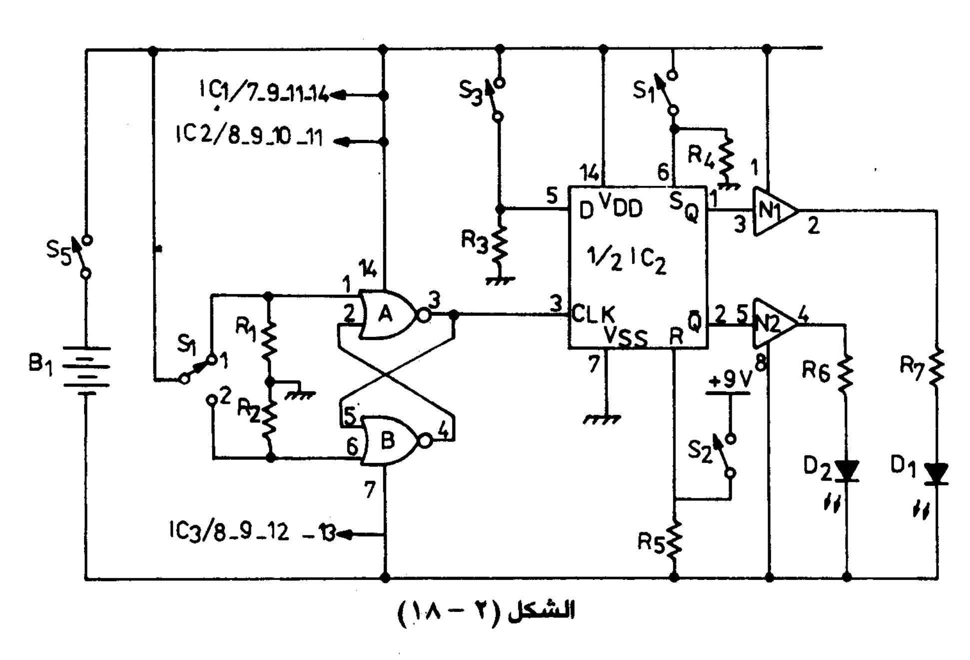
ولهذا القلاب مدخلان وهما: مدخل البيانات D ومدخل نبضات الساعة CLK، وله مخرجان متعاكسين $Q,\overline{Q}$، وأحيانا يزود القلاب بمدخلين إضافيين وهما: مدخل الإمساك Preset ومدخل التحرير Clear.

والشكل (٢ – ١٧) يعرض الدائرة المستخدمة فى توليد نبضات الساعة.

ويلاحظ أنها قلاب R-S باستخدام بوابتى NOR، فعند وضع المفتاح S1 على وضع 2 يكون حالة المخرج Q عالية، وعند وضع المفتاح S1 على وضع 1 يكون حالة المخرج Q منخفضة. وبهذه الطريقة يمكن الحصول على موجة مربعة (نبضات الساعة) المطلوبة لدراسة عمل القلاب D.

الشكل (٢ – ١٧)

والشكل (٢ – ١٨) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل القلاب D .



الشكل (٢ – ١٨)

عناصر الدائرة:

مقاومات كربونية 100KΩ	$R_1:R_5$
مقاومات كربونية 680Ω	R_6,R_7
موحدات مشعة 10mA	D_1,D_2
دائرة متكاملة تحتوى على ستة عوازل طراز CD4050	IC_1
دائرة متكاملة تحتوى على قلابين D طراز CD4013	IC_2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز CD4001	IC_4
مفتاح قطب واحد سكتين	S_1
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	S_1, S_2, S_3, S_5

بطارية 9V

لوحة تجارب

قاعدتان IC بأربعة عشر رجلاً.

قاعدة IC بستة عشر رجلاً

خطوات التجربة:

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ١٨).

٢ – اغلق المفتاح S_5 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى.

٣ – اغلق المفتاح S_1 وراقب حالة $Q,\overline{Q}$.

٤ – اغلق المفتاح S_2 وراقب حالة $Q,\overline{Q}$.

٥ – اغلق المفتاحين S_1,S_2 وراقب حالة $Q,\overline{Q}$.

٦ – اترك المفاتيح S_1,S_2,S_3 مفتوحة، وضع المفتاح S_4 على وضع 2 لتصل حافة صاعدة لمدخل النبضات CLK وراقب حالة $Q,\overline{Q}$.

٧ – اترك المفاتيح S_1,S_2,S_3 مفتوحة واعد المفتاح S_4 إلى وضع 1 لتصل حافة هابطة لمدخل النبضات CLK وراقب حالة $Q,\overline{Q}$.

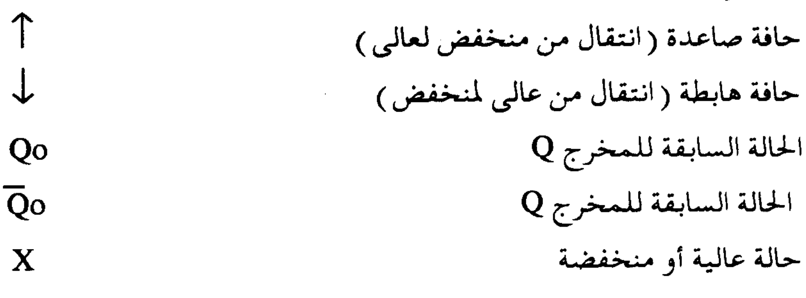
٨ – اترك المفاتيح S_1,S_2 مفتوحة واغلق المفتاح S_3، ثم ضع المفتاح S_4 على وضع 2 لتصل حافة صاعدة لمدخل النبضات CLK، وراقب حالة $Q,\overline{Q}$.

٩ – تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوات (٣ : ٨) تتفق مع جدول الحقيقة التالى:

جدول الحقيقة

المداخـــــل				المخــــارج	
CLK	D	R	S	Q	$\overline{Q}$
X	X	0	1	1	0
X	X	1	0	0	1
0	0	1	1	1	1
↑	0	0	0	0	1
↑	1	0	0	1	0
↓	X	0	0	Qo	$\overline{Q}$o

حيث إن :



حافة صاعدة (انتقال من منخفض لعالى) ↑

حافة هابطة (انتقال من عالى لمنخفض) ↓

الحالة السابقة للمخرج Q   Qo

الحالة السابقة للمخرج Q $\overline{Q}$o

حالة عالية أو منخفضة   X

الخلاصة :

١ – عندما تكون حالة مدخل الإمساك S عالية، وحالة مدخل التحرير R منخفضة تصبح حالة Q عالية، وحالة $\overline{Q}$ منخفضة .

٢ – عندما تكون حالة مدخل التحرير R عالية، وحالة مدخل الإمساك S منخفضة، تصبح حالة المخرج $\overline{Q}$ عالية، وحالة المخرج Q منخفضة .

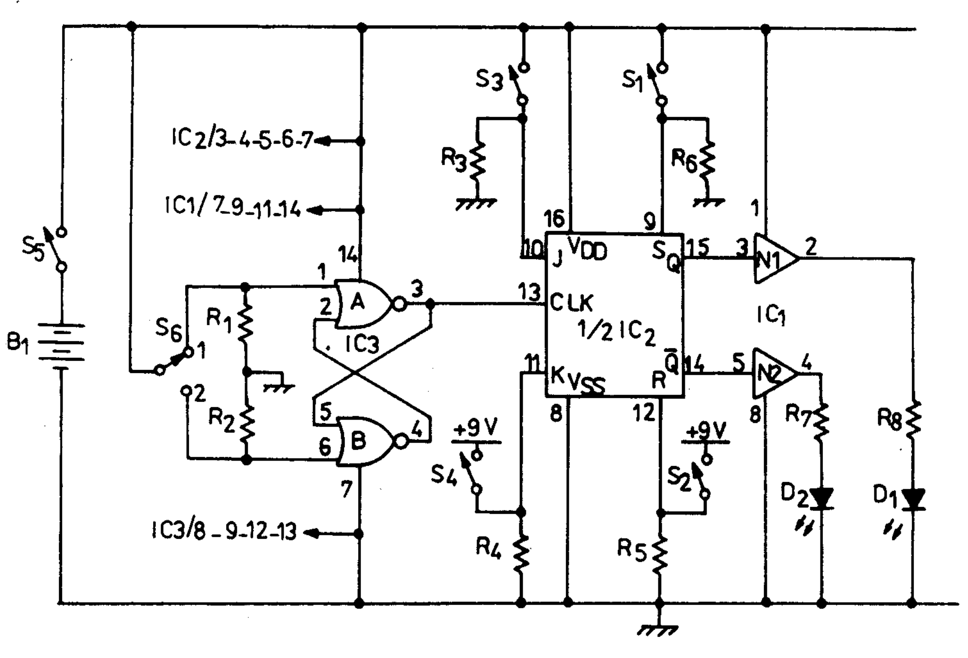
٣ – عندما تكون حالة كلٍّ من S,R عالية، تصبح حالة Q,$\overline{Q}$ عالية .

٤ – عندما تكون حالة المدخلين S,R منخفضة، فإن حالة مدخل البيانات D تنتقل إلى المخرج Q عند وصول حافة صاعدة لمدخل النبضات CLK .

٥ – عندما تكون حالة المدخلين S,R منخفضة، فإن حالة المخارج Q,$\overline{Q}$ لن تتغير عند وصول حافة هابطة لمدخل النبضات CLK .

تجربة رقم (١٢) دراسة عمل القلاب J-K .

الشكل (٢ – ١٩) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل القلاب J-K .



الشكل (٢ - ١٩)

عناصر الدائرة:

نفس عناصر التجربة عدا أن الدائرة المتكاملة CD4013 تستبدل بالدائرة المتكاملة CD4027.

خطوات التجربة:

١ - نفذ الدائرة المبنية بالشكل (٢ - ١٩).

٢ - اغلق المفتاح S5 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى.

٣ - اغلق المفتاح S1 لجعل حالة مدخل الإمساك S عالية، ولاحظ حالة $Q,\overline{Q}$.

٤ - اغلق المفتاح S2 لجعل حالة مدخل التحرير R عالية ولاحظ حالة $Q,\overline{Q}$.

٥ - اغلق المفاتيح S1,S2 لجعل حالة مدخلى الإمساك والتحرير عالية وراقب حالة $Q,\overline{Q}$.

٦ - اغلق المفاتيح S3,S4 لجعل حالة مدخلى J,K عالية فى حين تترك المفاتيح S1, S2 مفتوحة، وادخل نبضات على مدخل النبضات CLK وذلك بتحريك المفتاح S6 حركة ترددية بين الوضعين 1,2 ولاحظ حالة المخارج $Q,\overline{Q}$.

٧ – افتح المفاتيح S1,S2,S3,S4 لجعل حالة المداخل J,K,S,R منخفضة، ثم انقل المفتاح S6 من النقطة 1 إلى النقطة 2، وراقب حالة المخارج $Q,\overline{Q}$.

٨ – تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوات ٣ : ٧ تتفق مع جدول الحقيقة التالى.

جدول الحقيقة

المداخل					المخارج	
CLK	J	K	S	R	Q	$\overline{Q}$
X	X	X	0	1	0	1
X	X	X	1	0	1	0
X	X	X	1	1	1	1
↑	1	0	0	0	1	0
↑	0	1	0	0	0	1
↑	0	0	0	0	Qo	$\overline{Q}$o
↑	1	1	0	0	منصف للتردد	

حيث إن:

حافة صاعدة ↑ حالة منخفضة أو عالية X

الحالة السابقة للمخرج Q Qo الحالة السابقة للمخرج $\overline{Q}$ $\overline{Q}$o

الخلاصة:

– **التشغيل غير المتزامن:**

١ – عندما تكون حالة مدخل الإمساك S عالية، تصبح حالة Q عالية، وحالة $\overline{Q}$o منخفضة.

٢ – عندما تكون حالة مدخل التحرير R عالية، تصبح حالة $\overline{Q}$ عالية وحالة Q منخفضة.

٣ – عندما تكون حالة مدخلى الإمساك والتحرير مرتفعة تصبح حالة المخارج $Q,\overline{Q}$ عالية.

– **التشغيل المتزامن:**

١ – إذا كانت حالة المدخل J هى معكوس حالة المدخل K، تنتقل حالة المدخل J إلى المخرج Q عند وصول حافة صاعدة لمدخل النبضات CLK.

٢ – إذا كانت حالة المداخل J,K منخفضة، فإن حالة المخارج $Q,\overline{Q}$ لاتتغير عند وصول حافة صاعدة لمدخل النبضات.

٣ – إذا كانت حالة المداخل J, K مرتفعة، وحالة المداخل S, R منخفضة فإن القلاب يعمل على تنصف تردد النبضات التى تصل لمدخل النبضات CLK.

٢ / ٣ – مسجلات الإزاحة Shift registers

تستخدم المسجلات فى الدوائر الرقمية لتخزين البيانات الرقمية، ولتحويل بيانات التوازى إلى بيانات التوالى أو العكس، وكذلك تستخدم فى عمليات التأخير الزمنى.

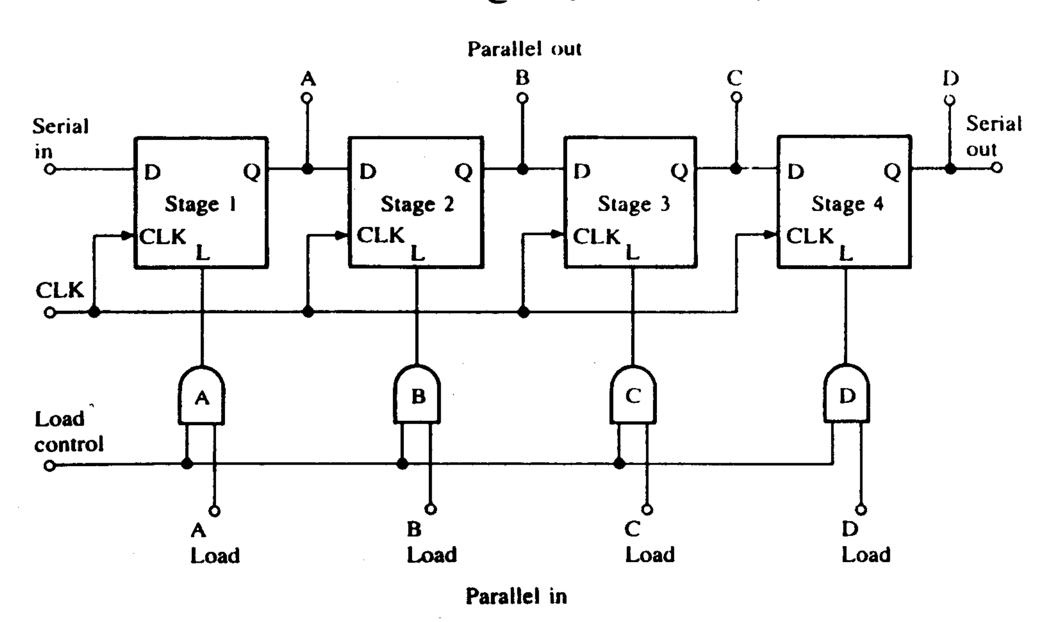
وتتكون مسجلات الإزاحة من عدة قلابات يتم توصيلها بالطريقة التى تجعل إشارة الدخل تدخل على أول قلاب وتنتقل البيانات إلى القلاب التالى وذلك عند وصول نبضات الساعة للقلابات. ويخصص قلاب لكل خانة (bit) ويمكن إدخال الرقم الثنائى للمسجل أو إخراجه بشكل متوالٍ أو بشكل متوازٍ، ويوجد عدة أنواع من مسجلات الإزاحة مثل:

١ – مسجلات الإزاحة ذات الدخل والخرج المتوالى SISO.

٢ – مسجلات الإزاحة ذات الدخل المتوالى والخرج المتوازى SIPO.

٣ – مسجلات الإزاحة ذات الدخل المتوازى والخرج المتوالى PISO.

٤ – مسجلات الإزاحة ذات الدخل والخرج المتوازى PIPO.



الشكل (٢ – ٢٠)

والشكل (٢ – ٢٠) يبين التركيب الداخلى لمسجل إزاحة عام حيث يتكون من أربعة قلابات D.

ويلاحظ أن لهذا المسجل أربعة مداخل متوازية Parallel in وهم: A, B, C, D، وله أربعة مخارج متوازية Parallel out وهم: A, B, C, D ومدخل توالى Serial in، ومخرج توازى Serial out. ويلاحظ أن هذا المسجل يمكن أن يعمل كمسجل SISO، أو SIPO، أو PISO، أو PIPO. ويزود المسجل بمدخل نبضات CLK، ومدخل تحميل load control. وسوف نتناول فى التجارب التالية مسجلات الإزاحة التالية: SD4015, CD4014.

تجربة رقم (١٣) دراسة عمل مسجل الإزاحة CD4015

الشكل (٢ – ٢١) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة مسجل الإزاحة طراز CD4015.

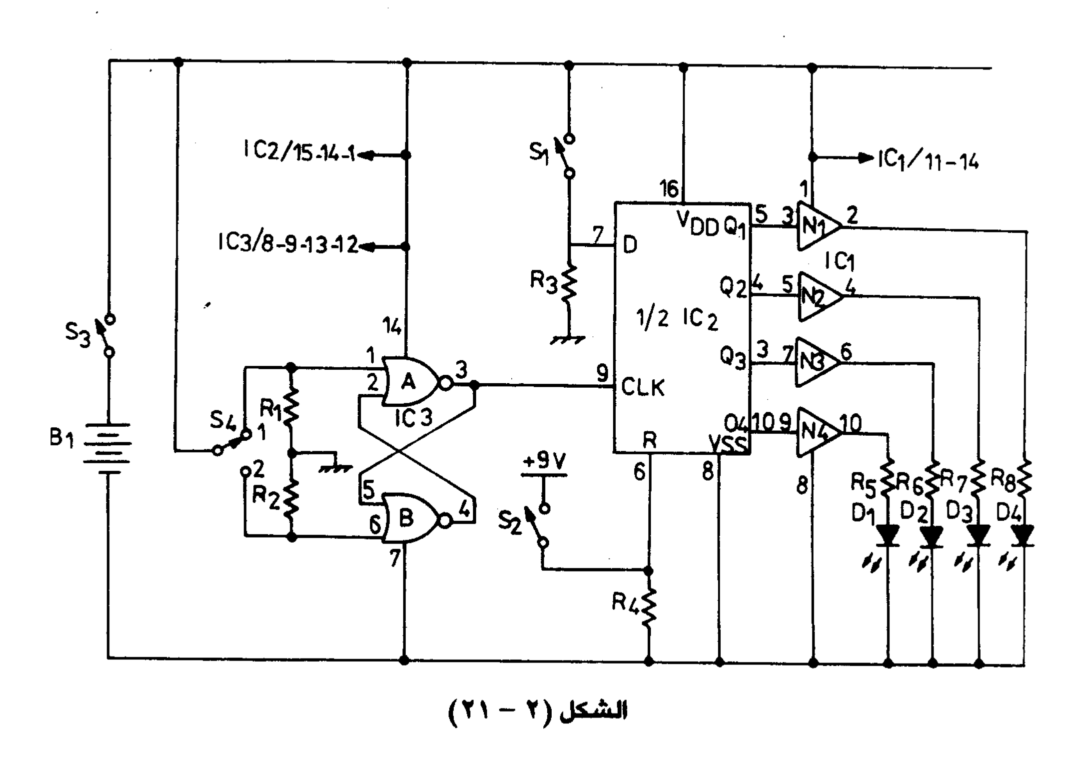
حيث إن:

مقاومات كربونية 100kΩ	R_1, R_2, R_3, R_4
مقاومات كربونية 680Ω	R_5, R_6, R_7, R_8
موحدات مشعة 10mA	$D_1: D_4$
دائرة متكاملة تحتوى على ستة عوازل طراز CD4050	IC_1
دائرة متكاملة تحتوى على مسجلى إزاحة طراز CD4015	IC_2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز CD4001	IC_3
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	S_1, S_2, S_3
مفتاح قطب واحد سكتين	S_4
بطارية 9V	B_1

لوحة تجارب

قاعدتا دوائر متكاملة بأربعة عشر رجلاً.

قاعدة دائرة متكاملة بستة عشر رجلاً.



الشكل (٢ – ٢١)

خطوات التجربة:

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٢١).

٢ – اغلق المفتاح S3 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى.

٣ – اغلق المفتاح S2 ليصبح حالة مدخل التحرير R عاليًا وراقب حالة المخارج الأربعة Q1 : Q4.

٤ – افتح المفتاح S2 ، واغلق المفتاح S1.

٥ – ادخل نبضة على مدخل النبضات CLK، وذلك بنقل المفتاح S4 من الوضع 1إلى الوضع 2 ثم إعادته للوضع 1 ولاحظ حالة المخارج Q4 : Q1.

٦ – كرر الخطوة (٥) خمس مرات.

٧ – افتح المفتاح S1 وكرر الخطوة (٥) خمس مرات.

٨ – تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوات ٣ : ٧ تتفق مع محتويات جدول الحقيقة التالى.

جدول الحقيقة

المداخـــــل			المخـــارج			
CL	D	R	Q1	Q2	Q3	Q4
↑	0	0	0	Qo1	Qo2	Qo3
↑	1	0	1	Qo1	Qo2	Qo3
↓	X	0	Qo1	Qo2	Qo3	Qo4
X	X	1	0	0	0	0

حيث إن :

الحالة السابقة للمخرج Q_1 Qo1

الخلاصة :

١ – عندما تكون حالة مدخل التحرير R منخفضة تنتقل حالة مدخل البيانات D إلى المخرج Q_1 مع إحداث إزاحة لمحتويات باقى المخارج وذلك عند وصول الحافة الصاعدة ↑ لمدخل النبضات CLK .

٢ – عندما تكون حالة مدخل التحرير R منخفضة، فإن حالة المخارج Q4 : Q1 لا تتغير عند وصول حافة هابطة ↓ لمدخل النبضات .

٣ – عندما تكون حالة مدخل التحرير R منخفضة فإن حالة جميع المخارج Q4 : Q1 تصبح منخفضة .

تجربة رقم (١٤) دراسة عمل مسجل الإزاحة المبرمج CD4014

الشكل (٢– ٢٢) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل المسجل المبرمج CD4014.

عناصر الدائرة :

مقاومات كربونية 100k Ω	R_1, R_{12}
مقاومات كربونية 680 Ω	R_{13}, R_{15}
موحدات مشعة قياسية 10mA	$D_1: D_3$
دائرة متكاملة تحتوى على ستة عواكس طراز CD4050	IC_1
دائرة متكاملة لمسجل إزاحة طراز CD4014	IC_2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز CD4001	IC_3
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	$S_1 : S_{11}$
مفتاح قطب واحد سكتين	S_{12}
بطارية 9V	B_1
لوحة تجارب	
قاعدتا دوائر متكاملة بأربعة عشر رجلاً	
قاعدة دائرة متكاملة بستة عشر رجلاً	

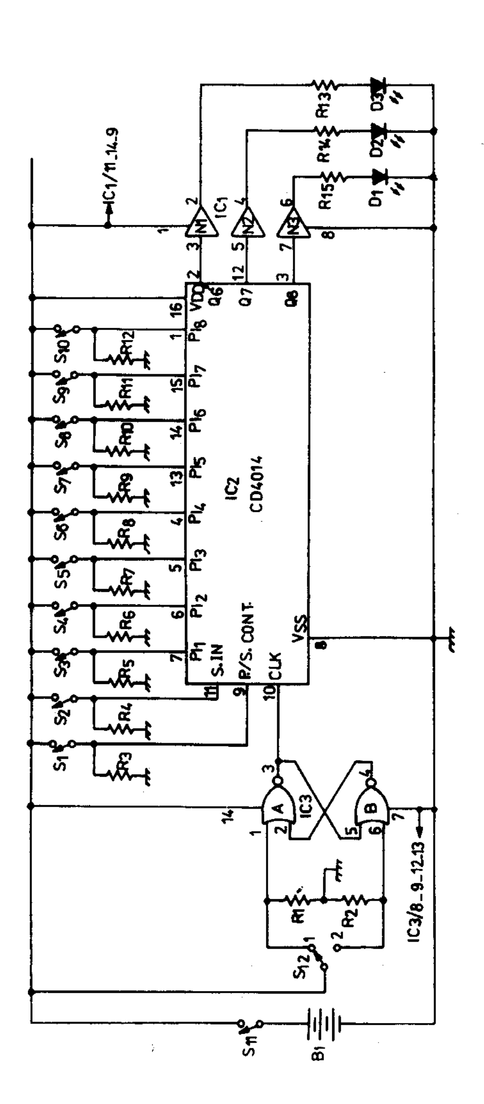
التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة CD4014 :

ثمانى مداخل بيانات	PI_1, PI_8
مدخل بيانات متوالية	S. IN
مدخل تحكم فى نوعية الدخول (توالى- توازى)	P/S. CONT
مدخل نبضات	CLK
ثلاثة مخارج خارجية	Q_6, Q_7, Q_8
خمسة مخارج داخلية غير ظاهرة	$Q_1 : Q_5$

خطوات التجربة :

١ - نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢- ٢٢) .

٢ - اغلق المفتاح S_{11} لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى .


IC2
CD4014
S.IN
P/S. CONT.
CLK
VSS
VDD
Q6
Q7
Q8
IC1
N1
N2
N3
IC3
A
B
IC1/11_14_9
IC3/8_9_12_13
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
D1
D2
D3
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
S9
S10
S11
S12
B1

الشكل (٢ - ٢٢)

٣ – اغلق المفتاح S1، ثم حرك المفتاح S12 من الوضع 1 للوضع 2 فتصل حافة صاعدة لمدخل النبضات CLK، ثم لاحظ حالة المخارج Q6, Q7, Q8.

٤ – اعد المفتاح S12 للوضع 1، ثم اغلق المفاتيح S8, S9, S10، ثم حرك المفتاح S12 من الوضع 1 إلى الوضع 2.

٥ – كرر الخطوة ٤ عدة مرات ولكن بأوضاع مختلفة للمفاتيح S3: S10.

٦ – اعد المفتاح S12 للوضع 1، ثم افتح المفاتيح S1, S2، ثم حرك المفتاح S12 من الوضع 1 إلى الوضع 2 فتصل حافة صاعدة لمدخل النبضات CLK، ثم لاحظ حالة المخارج Q6, Q7, Q8.

٧ – اعد المفتاح S12 للوضع 1، ثم اغلق المفتاح S2، وافتح المفتاح S1 ثم حرك المفتاح S12 من الوضع 1 إلى الوضع 2 وراقب حالة المخارج Q6, Q7, Q8.

٨ – اعد المفتاح S12 للوضع 1، ثم لاحظ حالة المخارج Q6, Q7, Q8.

٩ – تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوات ٣ : ٨ تتفق مع محتويات جدول الحقيقة التالى :

جدول الحقيقة

المداخـــل					المخـــارج	
CLK	S.IN	P/S CONT	PI_1	PIn	Q_1	Qn
↑	X	1	0	0	0	0
↑	X	1	1	0	1	0
↑	X	1	0	1	0	1
↑	X	1	1	1	1	1
↑	0	0	X	X	0	Qn-1
↑	1	0	X	X	1	Qn-1
↓	X	X	X	X	Qo1	Qon

حيث إن :

حالة عالية أو منخفضة	x	الحالة السابقة للمخرج Q1	Qo1
الحالة السابقة للمخرج Qn	Qon	حالة المخرج رقم (n - 1)	Qn-1
رقم يتراوح ما بين 8 : 2	n	حافة صاعدة	↑
حافة هابطة	↓		

الخلاصة :

١ – تنتقل حالة مداخل البيانات المتوازية PI1: PI8 إلى المخارج المقابلة عندما تكون حالة مدخل التحكم P/S CONT عالية وذلك عند وصول نبضة عالية لمدخل النبضات CLK .

٢ – عندما تكون حالة مدخل التحكم P/S CONT منخفضة، فإن حالة مدخل التوالى S. IN تنتقل للمخرج Q1 الداخلى، ويحدث إزاحة لمحتويات باقى المخارج وذلك عند وصول حافة صاعدة ↑ لمدخل النبضات CLK .

٣ – عند وصول حافة هابطة ↓ لمدخل النبضات CLK لا تتغير حالة مخارج المسجل عن الحالة السابقة .

٤ – يمكن عمل إزاحة متتالية لعدد ثنائى محمل من المداخل المتوازية مع عدم فقد محتويات هذا العدد وذلك بتوصيل المخرج Q8 مع مدخل التوالى S. IN .

٥ – يمكن تحرير جميع مخارج المسجل بطريقة متتالية وذلك بالمحافظة على حالة كلٍّ من P/S CONT ، S.IN منخفضة، وإدخال حافات صاعدة متتالية على مدخل النبضات CLK .

٢ / ٤ – العدادات والمشفرات Counters & Decoders

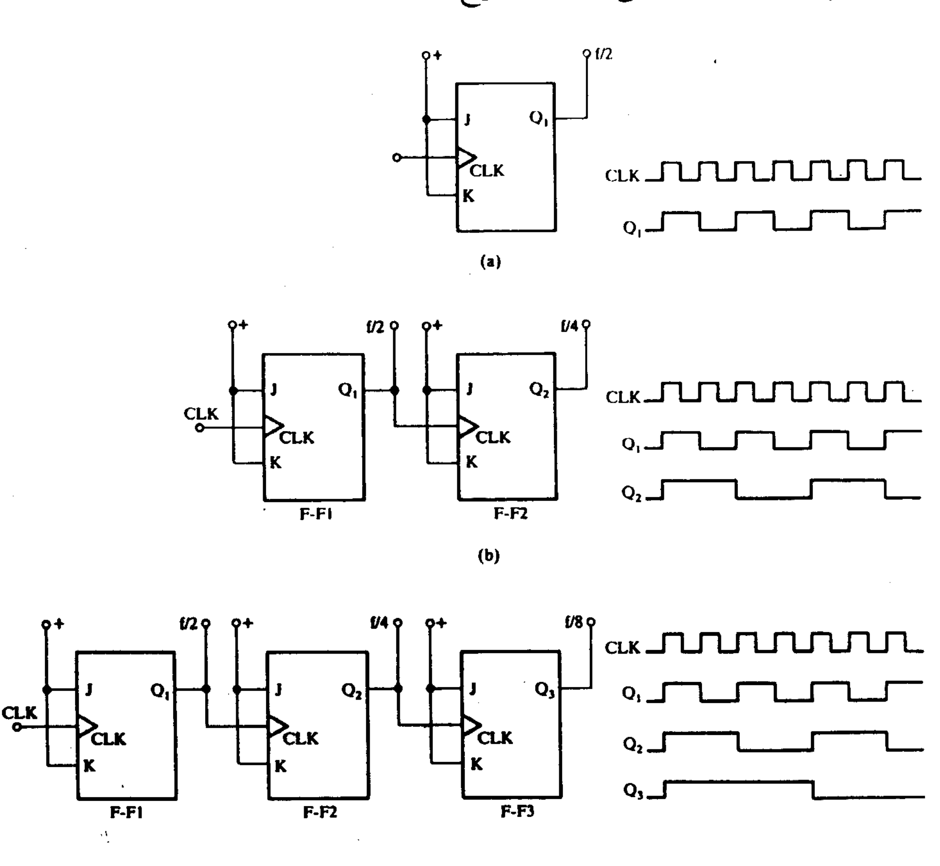
تستخدم العدادات فى عد النبضات الداخلة عليها، ولقد سبق وأن عرفنا أن كلا من قلاب D وقلاب J,K يمكن أن تقسم النبضات الداخلة عليها على 2 .

والشكل (٢ – ٢٣) يعرض قلاب J,K يعمل كمنصف للتردد (الشكل أ) .

ودائرة لتقسيم التردد على 2 أو على 4 (الشكل ب) تتكون من قلابين JK.

ودائرة لتقسيم التردد على 2 و 4 و 6 (الشكل جـ) تتكون من ثلاثة قلابات JK.

والجدير بالذكر أنه يمكن اعتبار القلاب JK المبين بالشكل (أ) كعداد ثنائى بمخرج واحد، والدائرة المبينة بالشكل (ب) كعداد ثنائى بمخرجين، والدائرة المبينة بالشكل (جـ) كعداد ثنائى بثلاثة مخارج.



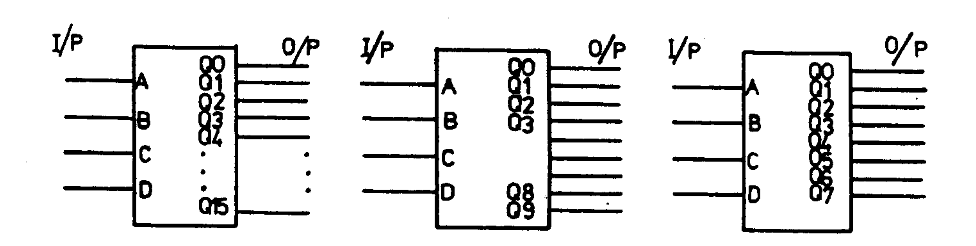
الشكل (٢ - ٢٣)

ونظراً لأن: أجهزة CMOS صغيرة جداً فى الحجم؛ لذلك أمكن وضع عدد كبير من القلابات فى شريحة متكاملة واحدة Integrated Circuit فمثلاً: الدائرة المتكاملة CD4024 لعداد ثنائى بسبعة مخارج Q7 : Q1، أى يتكون داخلياً من سبعة

قلابات. وكذلك فإن الدائرة المتكاملة CD4020 لعداد ثنائى بأربعة عشر مخرجاً، أى يتكون داخلياً من أربعة عشر قلاباً.

أما المشفرات Decoders فتنقسم إلى:

١ – موزعات Demultiplexer وتقوم بتحويل بيانات الدخل الثنائية إلى خرج ثمانى أو عشرى أو سداسى عشر كما هو مبين بالشكل (٢ – ٢٤).



الشكل (٢ – ٢٤)

(فالشكل أ) لموزع فى خط من ثمانية (والشكل ب) لموزع فى خط من عشرة (والشكل جـ) لموزع فى خط من ستة عشر. فإذا كان حالة المداخل A, B, C

لموزع فى خط من ثمانية هى A= 0, B= 1, C=1

والتى تكافئ العدد العشرى $Z= 0x2^0 + 1x\ 2^1 + 2\ x\ 2^2 = 5$

فإن حالة المخرج Q5 تصبح عالية.

٢ – مشغلات وحدات العرض الرقمية Display Decoders Drivers وهى تقوم بتحويل العدد العشرى المكود ثنائيا BCD لشفرة تشغيل وحدة العرض الرقمية ذات السبع شرائح 7-Segment display، ويكون عدد مخارج وحدة العرض الرقمية سبعة مخارج وهم: a, b, c, d, e, f, g، ولمزيد من التفاصيل عن وحدات العرض الرقمية ذات السبع شرائح ارجع للفقرة (١ / ٤ / ٨).

والجدير بالذكر أنه أمكن وضع عداد وموزع فى شريحة واحدة فى بعض الدوائر المتكاملة CMOS مثل: العداد العشرى CD4017 والذى يتكون داخليا من عداد

ثنائى وموزع فى خط من عشرة.

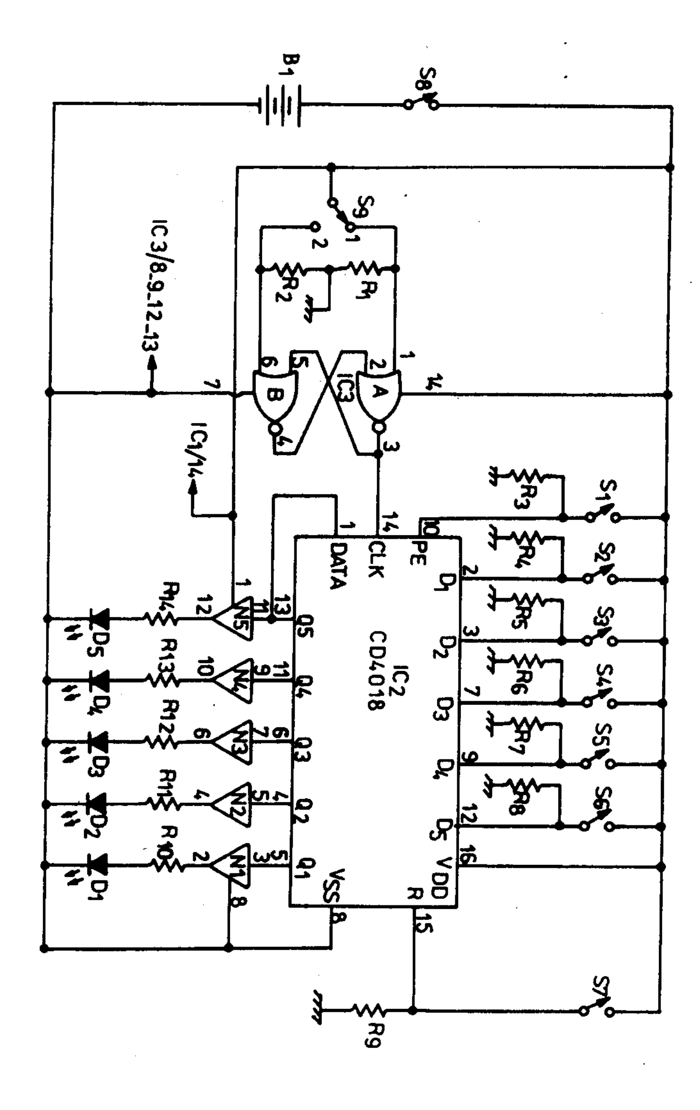
وكذلك أمكن وضع عداد ومشغل وحدة عرض رقمية فى شريحة واحدة فى بعض الدوائر المتكاملة CMOS مثل: العداد العشرى مع وحدة العرض الرقمية طراز CD4033 والذى يتكون داخليا من عداد ثنائى ومشغل وحدة عرض رقمية.

تجربة رقم (١٥) دراسة عمل العداد الذى يقسم على N طراز CD4018

الشكل (٢ - ٢٥) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل العداد CD4018.

التعريف بأرجل الدائرة المتكاملة CD4018 :

مدخل نبضات	CLK
مدخل بيانات	DATA
مدخل تحرير	R
المدخل الموجب للمصدر	V_{DD}
مدخل تمكين	PE
خمسة مداخل تحميل	$D_1 : D_5$
خمسة مخارج معكوسة	$\overline{Q}_1 : \overline{Q}_5$
المصدر السالب للمصدر	V_{SS}



B1
S8
S9
R1
R2
IC3
A
B
IC3/8.9.12.13
IC1/14
IC2
CD4018
PE
CLK
DATA
VDD
VSS
R
D1
D2
D3
D4
D5
Q1
Q2
Q3
Q4
Q5
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
N1
N2
N3
N4
N5



الشكل (٢ - ٢٥)

عناصر الدائرة :

مقاومات كربونية 100KΩ	$R_1:R_9$
مقاومات كربونية 680Ω	$R_{10}:R_{14}$
موحدات مشعة 10mA	$D_1:D_5$
دائرة متكاملة تحتوى على 6 عوازل طراز CD4050	IC_1
دائرة متكاملة لعداد يقسم على N طراز CD4018	IC_2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز CD4001	IC_3
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	$S_1:S_8$
مفتاح قطب واحد سكتين	S_9
بطارية 9V	B_1

لوحة تجارب

قاعدة IC بأربعة عشر رجلاً

قاعدتان IC بستة عشر رجلا

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٢٥) ثم اغلق المفتاح S_8 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى .

٢ – حافظ على المفتاح S_1 مفتوحًا، ثم اغلق المفتاح S_7 ولاحظ حالة المخارج الخمسة المعكوسة $\bar{Q}_1 : \bar{Q}_5$.

٣ – حافظ على المفاتيح S_1,S_7 مفتوحة لجعل حالة PE,R منخفضة، ثم ادخل حافة صاعدة على مدخل النبضات CLK وذلك بتحريك المفتاح S_9 من الوضع 1 إلى الوضع 2، ولاحظ حالة المخارج المعكوسة $\bar{Q}_1 : \bar{Q}_5$.

٤ – اعد المفتاح S_9 إلى الوضع 1 .

٥ – كرر الخطوات ٣، ٤ عشرون مرة.

٦ – حمل مداخل التحميل $D_1:D_5$ بالعدد الثنائى 00111 وذلك بفتح المفاتيح S_2,S_3، وغلق المفاتيح S_4,S_5,S_6.

٧ – اغلق المفتاح S_1، ثم لاحظ حالة المخارج الخمسة المعكوسة $\overline{Q_5}:\overline{Q_1}$.

٨ – ضع المفتاح S_9 على وضع 2، ثم حافظ على S_1,S_7 على وضع الفتح، ثم ادخل حافة هابطة على مدخل النبضات CLK بتحريك المفتاح S_9 إلى الوضع 1 ولاحظ التغيرات على المخارج الخمسة المعكوسة $\overline{Q_5}:\overline{Q_1}$.

٩ – عدل الدائرة وذلك بتوصيل المخرج $\overline{Q_3}$ بمدخل البيانات DATA بدلاً من المخرج $\overline{Q_5}$، ثم كرر الخطوة ٣، ٤، ٥.

١٠ – تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوات ٢ : ٩ تتفق مع محتويات جدول الحقيقة التالى، علماً بأن $\overline{Qn}$ تعنى المخرج رقم n، Dn تعنى مدخل البيانات رقم n.

جدول الحقيقة

المداخل				المخارج
CLK	R	PE	Dn	$\overline{Qn}$
↓	0	0	x	$\overline{Qn}$
↑	0	0	x	يعد
x	0	1	0	1
x	0	1	1	0
x	1	x	x	1

الخلاصة :

١ – عندما تكون حالة مدخل التحرير R عالية ، فإن حالة المخارج المعكوسة $\overline{Q_5}:\overline{Q_1}$ تصبح عالية.

٢ – يتم تحميل أى عدد ثنائى يتم إدخاله على مداخل البيانات $D_5 : D_1$ عندما

تكون حالة مدخل التمكين PE عالية، وتكون حالة مخارج العداد هو معكوس العداد الثنائى المدخل على مداخل البيانات.

٣ – يقوم العداد بعد النبضات الداخلة على مدخل النبضات عند الحافة الصاعدة وذلك عندما تكون حالة PE و R منخفضة.

٤ – لا تتغير حالة مخارج العداد المعكوسة $\overline{Q}_1 : \overline{Q}_5$ عندما تكون حالة كلٍّ من R و PE منخفضة، وذلك عند وصول حافة منخفضة لمدخل النبضات CLK .

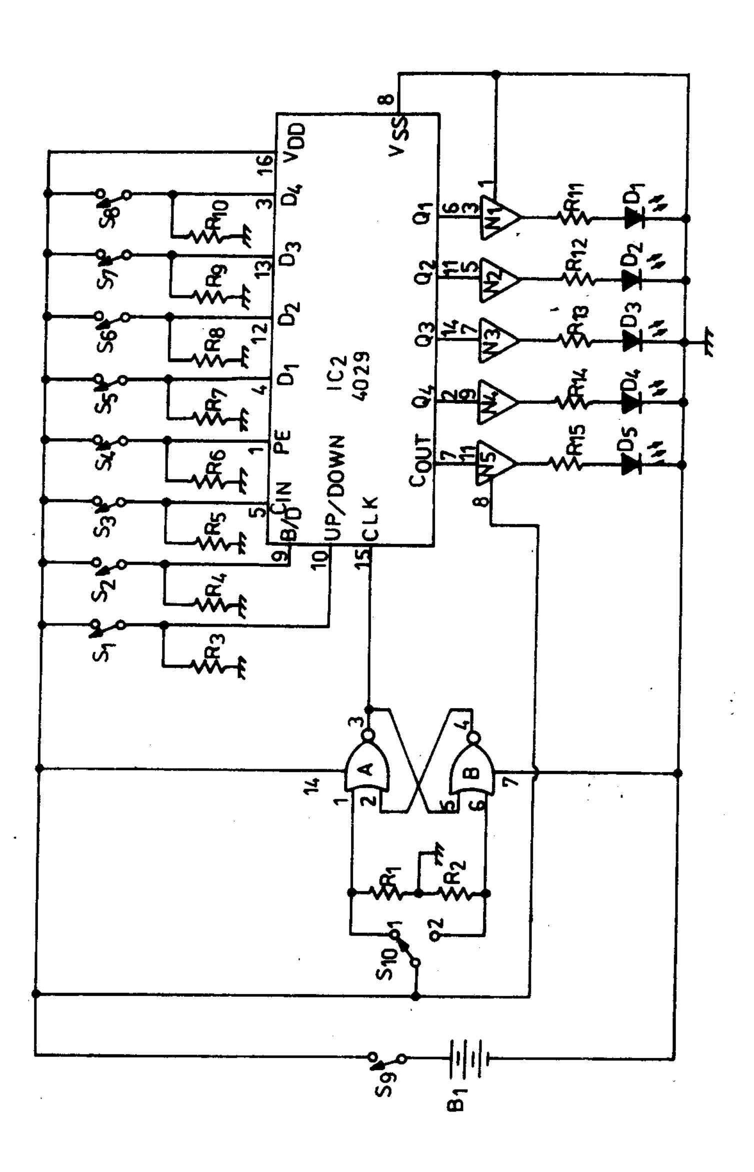
٥ – يمكن جعل العداد يقسم على 2 أو 4 أو 6 أو 8 أو 10 وذلك بعمل تغذية مرتدة من $\overline{Q}_1$ أو $\overline{Q}_2$ أو $\overline{Q}_3$ أو $\overline{Q}_4$ أو $\overline{Q}_5$ بالترتيب إلى مدخل البيانات الخلفى DATA، فى هذه الحالة يكون خرج العداد مساوياً عدد النبضات الداخلة على مدخل النبضات على N، حيث N تساوى 2 أو 4 أو 6 أو 8 أو 10 .

تجربة رقم (١٦) دراسة عمل العداد التصاعدى التنازلى طراز CD4029

الشكل (٢ – ٢٦) يعرض الدائرة المستخدمة فى دراسة عمل العداد التنازلى التصاعدى طراز CD4029.

التعريف بمداخل ومخارج الدائرة المتكاملة CD4029 :

مداخل التحميل	$D_1 : D_4$
مدخل التمكين	PE
مدخل الباقى	CIN
ثنائى / عشرى	B/D
مدخل النبضات	CLK
المخارج الأربعة	$Q_1 : Q_4$
مخرج الباقى	Cout


IC2
4029
VDD
VSS
D4
D3
D2
D1
PE
CIN
B/D
UP/DOWN
CLK
COUT
Q1
Q2
Q3
Q4
N1
N2
N3
N4
N5
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
D1
D2
D3
D4
D5
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
S9
S10
B1
A
B

الشكل (٢-٢٦)

عناصر الدائرة:

مقاومات كربونية 100kΩ	$R_1:R_{10}$
مقاومات كربونية 680Ω	$R_{11} : R_{15}$
موحدات مشعة 10mA	$D_1 : D_5$
دائرة متكاملة تحتوى على ستة عوازل طراز CD4050	IC_1
دائرة متكاملة لعداد تنازلى تصاعدى طراز CD4029	IC_2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز CD4001	IC_3
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	$S_1 : S_9$
مفتاح قطب واحد سكتين	S_{10}
بطارية 9V	B_1

لوحة تجارب

قاعدتان IC بستة عشر رجلاً

قاعدة IC بأربعة عشر رجلاً

خطوات التجربة :

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٢٦)، ثم اغلق المفتاح S_9 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى.

٢ – اغلق المفتاح S_3 وافتح باقى المفاتيح وادخل حافة صاعدة على مدخل النبضات CLK وذلك بتحريك المفتاح S_{10} من الوضع 1 إلى الوضع 2 ولاحظ التغير فى حالة المخارج $Q_1 : Q_4$.

٣ – اغلق المفتاح S_1 ، وحافظ على المفاتيح $S_2:S_8$ مفتوحة، ثم ادخل حافة صاعدة على مدخل النبضات CLK، وذلك بتغيير وضع المفتاح S_{10} من الوضع 1 إلى الوضع 2.

٤ – كرر الخطوة ٣ أحد عشرة مرة، ولاحظ حالة المخارج Q4 : Q1 وكذلك مخرج الباقى Cout.

٥ – كرر الخطوة ٣ سبع عشرة مرة، ولكن عندما يكون المفتاح S2 مغلقًا ولاحظ حالة المخارج Q4 : Q1 وكذلك مخرج الباقى Cout.

٦ – حافظ على جميع المفاتيح S8 : S1 مفتوحة، ثم ادخل حافة صاعدة على مدخل النبضات CLK ، وذلك بتغيير وضع المفتاح S10 من الوضع 1 إلى الوضع 2.

٧ – كرر الخطوة ٦ أحد عشرة مرة، ولاحظ حالة المخارج Q4 : Q1 وكذلك مخرج الباقى Cout.

٨ – كرر الخطوة ٦ سبعة عشرة مرة، ولكن عندما يكون المفتاح S2 مغلقًا، ولاحظ حالة المخارج Q4 : Q1 ، وكذلك حالة مخرج الباقى Cout.

٩ – ادخل العدد 1101 على المداخل D4 : D1 وذلك بغلق المفاتيح S5, S7, S8 ، ثم اغلق S4 وراقب حالة المخارج Q4 : Q1.

١٠ – تحقق من أن ملاحظاتك فى الخطوات ٢ : ٩ تتفق مع محتويات جدول الحقيقة التالى.

جدول الحقيقة

CLK	CIN	up/Down	PE	B/D	Dn	المخارج
المداخل						
CLK	CIN	up/Down	PE	B/D	Dn	Qn
↑	1	x	0	x	x	يتوقف العداد
↑	0	1	0	0	x	عداد تصاعدى عشرى
↑	0	1	0	1	x	عداد تصاعدى ثنائى
↑	0	0	0	0	x	عداد تنازلى عشرى
↑	0	0	0	1	x	عداد تنازلى ثنائى
x	x	x	1	x	1	1
x	x	x	1	x	0	0

حيث إن :

حافة صاعدة ↑ حالة عالية أو منخفضة x

الخلاصة :

١ – عندما تكون حالة مدخل الباقى CIN عالية يتوقف العداد عند وصول نبضات عالية لمدخل النبضات CLK .

٢ – عندما تكون حاله مدخل الباقى CIN ومدخل التمكين PE منخفضة يعمل العداد كعداد تصاعدى إذا كان حالة مدخل Up/Down عاليًا وكعداد تنازلى إذا كان حالة مدخل Up/Down منخفضًا، ويعمل العداد كعداد عشرى إذا كان حالة مدخل B/D منخفضًا، ويعمل كعداد ثنائى إذا كان حالة مدخل B/D مرتفعًا .

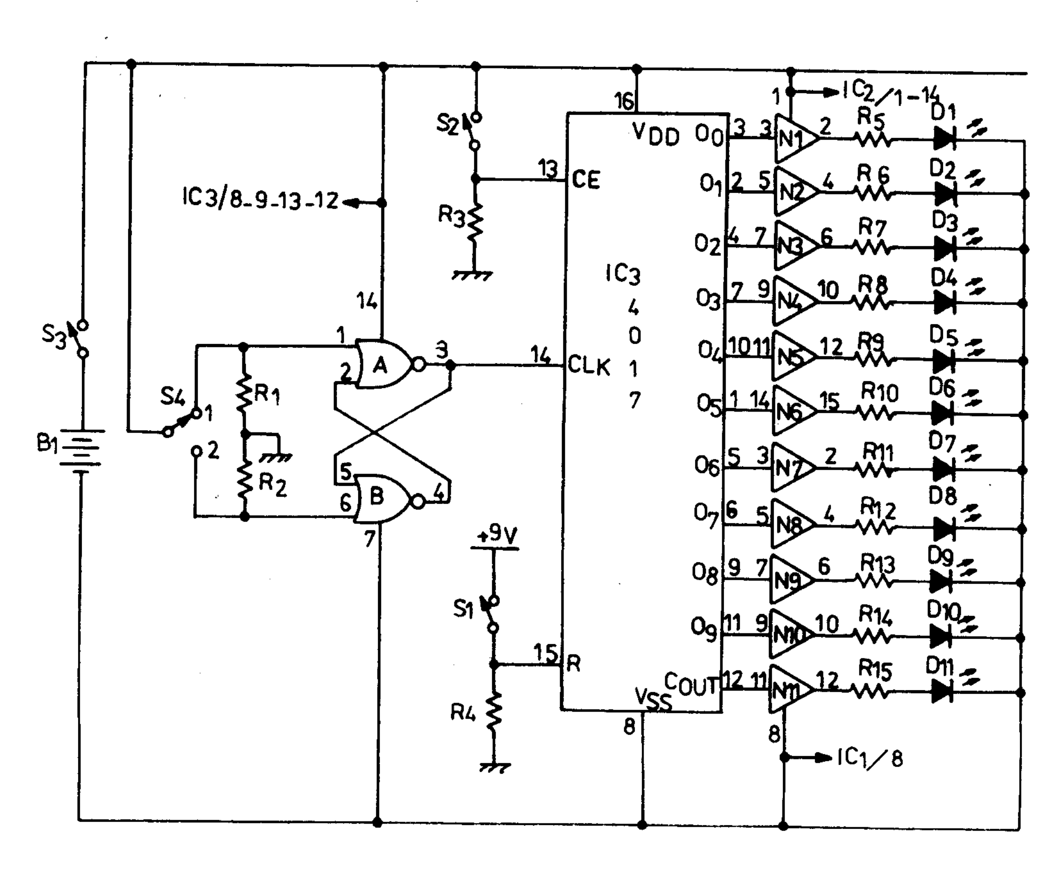
٣ – يتم تحميل محتويات مداخل البيانات D_1: D_4 على المخارج Q_4 : Q_1 عندما تكون حالة مدخل التمكين PE عاليًا .

٤ – عندما يعمل العداد تصاعديًا عشريًا يكون خرج Cout عاليًا عندما يكون خرج العداد 0 إلى 4 .

٥ – عندما يعمل العداد تصاعديًا ثنائيًا يكون خرج Cout عاليًا عندما يكون خرج العداد 0 إلى 7 .

تجربة رقم (١٧) دراسة عمل العداد العشرى CD4017

الشكل (٢ – ٢٧) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة العداد العشرى CD4017 والذى له عشرة مخارج Q_9 : Q_0 ، وله مدخل نبضات CLK ومدخل تحرير R، ومدخل تمكين CE ومخرج باقى Cout .



الشكل (٢ – ٢٧)

عناصر الدائرة:

مقاومات كربونية 100K	$R_1 : R_4$
مقاومات كربونية 670Ω	$R_5 : R_{15}$
موحدات مشعة 10mA	$D_1 : D_{12}$
دائرتان متكاملتان تحتويان على ستة عوازل طراز CD4050	IC_1 , IC_2
دائرة متكاملة لعداد عشرى طراز CD4017	IC_3
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز CD 4001	IC_4
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	S_1, S_2, S_3

مفتاح قطب واحد سكتين | S4
بطارية | 9V
لوحة تجارب | B1
ثلاثة قواعد IC بستة عشر رجلاً
قاعدة IC بأربعة عشر رجلاً

خطوات التجربة:

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٢٧) وأغلق المفتاح S3 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى.

٢ – أغلق المفتاح S1 ، ثم افتحه وراقب حالة جميع المخارج Q0 : Q9 ومخرج Cout.

٣ – افتح المفاتيح S1 , S2 ، ثم أدخل نبضات على مدخل النبضات CLK وذلك بتحريك المفتاح S4 حركة ترددية بين الوضعين 1,2 ولاحظ حالة جميع المخارج عند وصول حافة صاعدة (عندما يكون S4 على وضع 2) وعند وصول حافة هابطة (عندما يكون S4 على وضع 1).

٤ – كرر الخطوة ٣.

٥ – أغلق المفتاح S2 ، ثم كرر الخطوات ٣ ، ٤.

٦ – عدل فى الدائرة وذلك بفصل المفتاح S1 ، ثم وصل مدخل التحرير R (الرجل 15) بالمخرج Q5 (الرجل 1) وافتح المفتاح S2.

٧ – كرر الخطوات ٣ ، ٤ .

٨ – دون ملاحظاتك فى الجدول (٢ – ٢).

الجدول (٢ - ١)

المداخل		النبضات		المخـــــــارج										
R	CE	رقم	المستوى	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Cout
1	0	-	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	↑											
0	0	1	↓											
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	1	1	↑											
0	1	1	↓											
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	1	↑	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	0	1	↓											
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

الخلاصة :

١ - تتحرر جميع مخارج العداد للصفر عندما تصبح حالة مدخل التحرير R عالية .

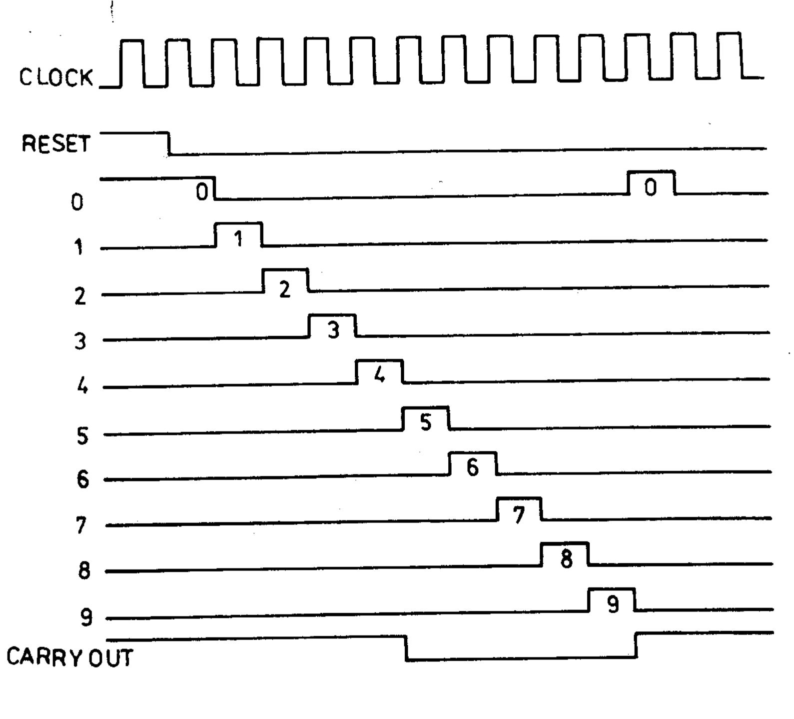
٢ - يزداد العـدد الخـارج على مـخـارج العـداد 1 كلمـا وصلت نبضة عـالية لمدخل النبضات CLK ، وذلك عندما تكون حالة كلٍّ من مدخلى التحرير والتمكـين R , CE منخفضة .

٣ - يتوقف العد عندما تكون حالة مدخل التمكين CE عالية .

٤ - يخرج من مخرج البـاقى Cout موجة ترددها عـشر تردد الموجة الداخلة لمدخل النبضات CLK .

٥ - عند توصيل أى مخرج مع مدخل التحرير R ، فإن العداد يعمل كمقسم للتردد بمعامل القسمة N ، حيث N هو رقم المخرج .

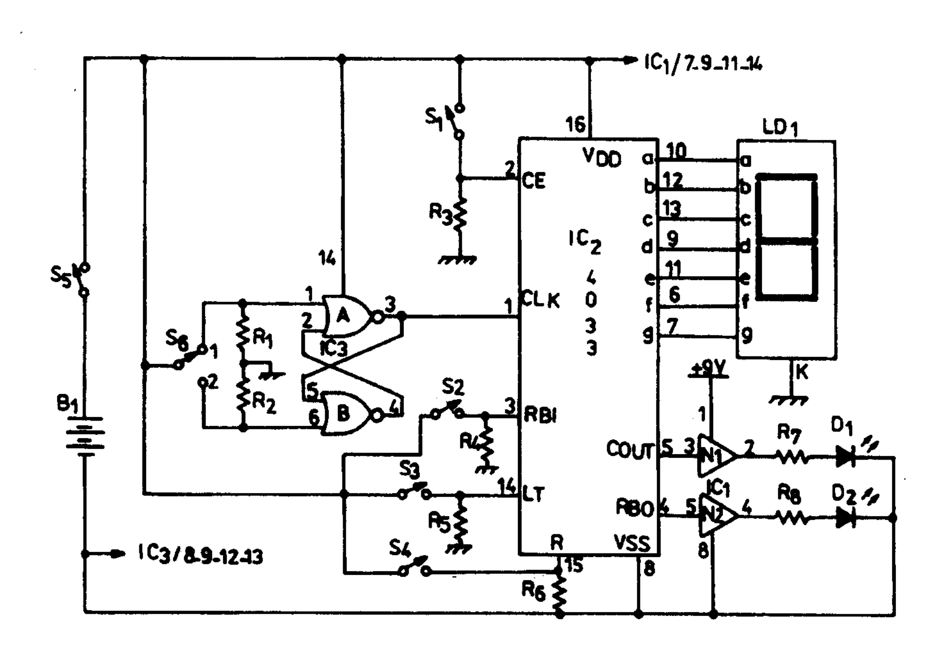
والشكل (٢ – ٢٨) يعـرض المخطط الزمنى للعـداد العـشـرى CD4017 والـذى يوضح فكرة عمل العداد.



الشكل (٢ – ٢٨)

التجربة رقم (١٨) دراسة عمل العداد CD4033 والذى له خرج وحدة عرض رقمية

الشكل (٢ – ٢٩) يعـرض الدائرة المسـتـخـدمـة لدراسـة عـمـل العـداد العـشـرى CD4033 والذى له خرج وحدة عرض رقمية.



الشكل (٢ - ٢٩)

التعريف بمداخل ومخارج العداد CD4033 :

مدخل نبضات الساعة	CLK
مدخل التمكين	CE
مدخل تحرير	R
مدخل اختبار وحدة العرض الرقمية	LT
مدخل الإطفاء التموجى	RBI
المخارج السبعة لوحدة العرض الرقمية	a - g
مخرج الباقى	Cout
مخرج الإعتام التموجى	RBO

والجدير بالذكر أن الدائرة المتكاملة CD4033 لا تحتاج لمقاومات عند توصيلها مع وحدة العرض الرقمية ذات المهبط المشترك؛لأن المقاومات الداخلية لترانزستورات FET للمشفر الداخلى كافية لتحديد التيار.

عناصر الدائرة:

مقاومات كربونية 100KΩ	$R_1:R_6$
مقاومات كربونية 680Ω	R_7,R_8
دائرة متكاملة تحتوى على ستة عوازل طراز CD4050	IC_1
دائرة متكاملة لعداد عشرى بمشغل وحدة عرض رقمية طراز CD4050	IC_2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز CD4001	IC_3
وحدة عرض رقمية بمهبط مشترك	LD_1
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	$S_1:S_5$
مفاتيح قطب واحد سكتين	S_6
بطارية 9V	B_1

لوحة تجارب

قاعدتان IC بستة عشر رجلاً

قاعدة IC بأربعة عشر رجلاً

خطوات التجربة:

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢–٢٩)، ثم اغلق المفتاح S_5 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى.

٢ – اغلق المفتاح S_4، ثم افتحه ولاحظ العدد الظاهر على وحدة العرض الرقمية LD_1، وكذلك لاحظ حالة كلٍّ من مخرج الباقى Cout ومخرج الإعتام RBO.

٣ – اغلق المفتاح S_3 ولاحظ العدد الظاهر على وحدة العرض الرقمية LD_1، وكذلك حالة كلٍّ من Cout و RBO.

٤ – افتح S_1,S_3، واغلق S_2 ولاحظ العدد الظاهر على وحدة العرض الرقمية.

٥ – ادخل نبضات على مدخل النبضات CLK وذلك بتحريك المفتاح S_6 حركة

ترددية بين الوضعين 1,2، ولاحظ التغير فى العدد المعروض على وحدة العرض الرقمية، وكذلك لاحظ التغير فى حالة RBO و Cout وذلك عندما تصل حافة صاعدة (عندما يكون المفتاح S6 على وضع 2) وأيضاً عندما تصل حافة هابطة (عندما يكون المفتاح S6 على وضع 1).

٦ – كرر الخطوة (٥) لعشرين نبضة.

٧ – افتح S_2 وكرر الخطوات ٥،٦.

٨ – اغلق S_1 وكرر الخطوة (٥) لأربع نبضات.

٩ – اغلق S4، وافتح S_1 وكرر الخطوة (٥) لأربع نبضات.

١٠ – سجل ملاحظاتك فى الجدول (٢ – ٣).

الجدول (٢ – ٣)

المداخل				النبضات		العدد	الخارج	
R	LT	CE	RBI	رقم	الحالة	المعروض	Cout	RBO
1	1	X	X	-				
o	1	o	1	-				
o	o	o	1	1	↑			
o	o	o	1	1	↓			
--	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--
o	o	o	o	1	↑			
o	o	o	o	1	↓			
---	--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--
o	o	1	o	1	↑			
o	o	1	o	1	↓			

الخلاصة:

١ – يتم تحرير العداد للصفر عندما تصبح حالة مدخل التحرير عالياً.

٢ – يكون العدد المعروض على وحدة العرض الرقمية 8 عندما تكون حالة مدخل اختبار اللمبات LT عالياً.

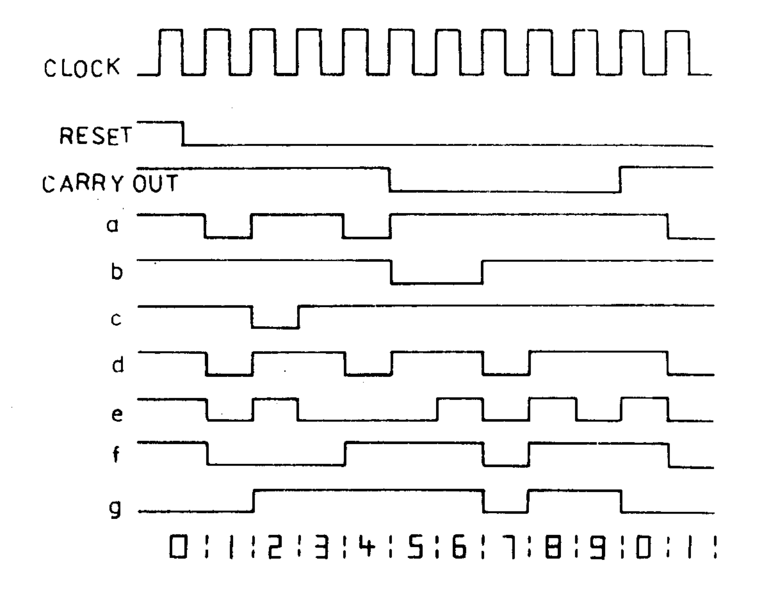
٣ - عندما يكون العدد المعروض هو ٥، وكان حالة مدخل الإعتام RBI منخفضة فإن وحدة العرض الرقمية سوف تعتم.

٤ - يزداد العدد المعروض على وحدة العرض الرقمية كلما وصلت حافة صاعدة على مدخل النبضات بشرط أن تكون حالة مدخل التمكين CE ومدخل التحرير R منخفضة.

٥ - يتوقف العداد عند العد عندما تكون حالة مدخل التمكين CE عالية.

٦ - تكون حالة مخرج الإعتام RBO مرتفعاً فى الوضع الطبيعى، ولكن يصبح منخفضاً أثناء الفترة التى يكون فيها العدد المعروض مساوياً 0، ويمكن توصيل مخرج الإعتام RBO مع مدخل الإعتام RBI، وبالتالى تنطفىء وحدة العرض عندما يكون خرجها مساوياً الصفر 0.

٧ - يخرج من مخرج الباقى Cout موجة ترددها عشر تردد الموجة الداخلة لمدخل نبضات العداد. والشكل (٢ - ٣٠) يعرض المخطط الزمنى للعداد العشرى CD4033 والذى يبين فكرة عمل العداد.



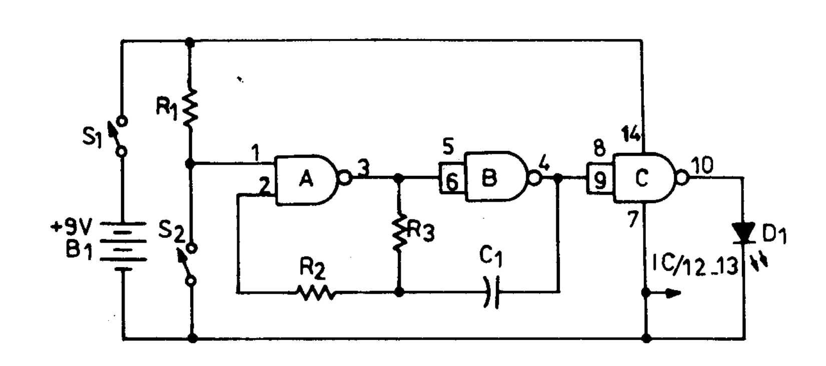
الشكل (٢ - ٣٠)

٢ / ٥ - المذبذبات Multivibrators

تجربة رقم (١٩) بناء مذبذب لا مستقر من بوابات NOR

الشكل (٢ - ٣١) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل مذبذب لامستقر مؤلف من ثلاث بوابات NOR طراز CD4001 .

والجدير بالذكر أن البواتين C و B يعملان كعواكس؛ لأنه قد جمعت مدخليهما معاً .



الشكل (٢ - ٣١)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 100KΩ	R_1
مقاومة كربونية 5MΩ	R_2
مقاومة كربونية 1MΩ	R_3
مكثف كيميائى 1μF/15V	C_1
موحد مشع 10mA	D_1
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز CD4001	IC
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
بطارية 9V	B_1

لوحة تجارب

قاعدة IC بأربعة عشر رجلاً

خطوات التجربة:

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٣١).

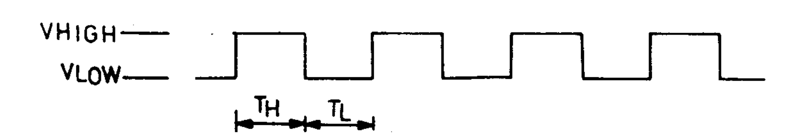
٢ – اغلق المفتاح وقس الزمن المنقضى بساعة إيقاف خلال 20 مرة إضاءة للموحد D_1، وذلك بواسطة ساعة إيقاف stop watch.

٣ – كرر الخطوة (٢) ولكن مع استبدال المقاومة R_3 بأخرى قيمتها 2MΩ، ثم 500KΩ، ثم 100KΩ بالترتيب.

٤ – احسب التردد فى كل مرة باستخدام العلاقة التالية:

$$F = \frac{1}{T} \quad (HZ) \rightarrow 2.1$$

حيث إن: T هو زمن الدورة الكاملة والذى يساوى مجموع زمن الإضاءة T_H، وزمن الانطفاء T_L للموحد D_1، والشكل (٢ – ٣٢) يبين شكل الموجة الخارجة من الرجل (10) للبوابة C.



الشكل (٢ – ٣٢)

٥ – قارن بين التردد المقاس مع التردد المحسوب من العلاقة التالية:

$$F = \frac{0.45}{R_3C_1} \quad (HZ) \rightarrow 2.2$$

٦ – كرر الخطوات ٢، ٣، ٤ ولكن مع إحداث قصر على المقاومة R_2 ولاحظ التغير فى التردد.

الخلاصة:

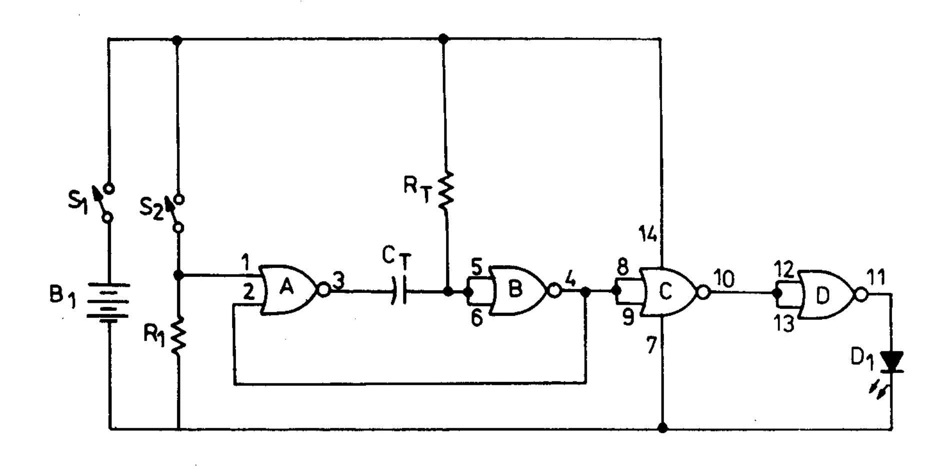
١ – يعمل المذبذب المؤلف من ثلاثة بوابات NOR عندما تكون حالة الرجل 1 للبوابة A منخفضة.

٢ – يعتمد تردد المذبذب على ثابت الزمن R_3C_1.

٣ – وجود المقاومة R_2 يقلل من تردد الخرج قليلاً.

تجربة رقم (٢٠) بناء مذبذب أحادى الاستقرار من بوابات NOR

الشكل (٢ – ٣٣) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل المذبذب الأحادى الاستقرار والمولف من أربع بوابات NOR، حيث تعمل البوابات B, C, D كعواكس.



الشكل (٢-٣٣)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 100KΩ	R_1
مقاومة كربونية 2MΩ	R_T
مكثف كيميائى 1μF وجهده 15V	C_T
موحد مشع 5mA	D_1

دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز 4001	IC
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	S_1,S_2
بطارية 9V	B_1
لوحة تجارب	
قاعدة دائرة متكاملة بأربعة عشر رجلاً	

خطوات التجربة:

١ - نفذ الدائرة المبينة الشكل (٢-٣٣) اغلق المفتاح S_1 لتغذية الدائرة بالتيار.

٢ - اغلق المفتاح S_2، ثم افتحه بسرعة وقس زمن إضاءة الموحد D_1 باستخدام ساعة إيقاف.

٣ - كرر الخطوة (٢) ولكن مع استخدام قيم مختلفة للمقاومة R_T مثل: $100K\Omega$ و $500K\Omega$ و $1M\Omega$، وقارن بين الزمن المقاس والزمن المحسوب من العلاقة التالية:

$$T = 0.7\, R_T\, C_T \quad \rightarrow \quad 2.3$$

٤ - اغلق المفتاح S_2 لمدة زمنية أطول من زمن النبضة الخارجة من المذبذب، ولاحظ التغير عن ذى قبل.

الخلاصة:

١ - يعمل المذبذب عند الحافة الصاعدة للنبضة الداخلة على الرجل 1 للبوابة A.

٢ - يعمل المذبذب الأحادى الاستقرار بطريقة عادية حتى ولو كانت زمن النبضة الداخلة للرجل 1 للبوابة A أكبر من زمن النبضة الخارجة من المذبذب والمعين من المعادلة 2.3.

الشكل (٢ - ٣٤)

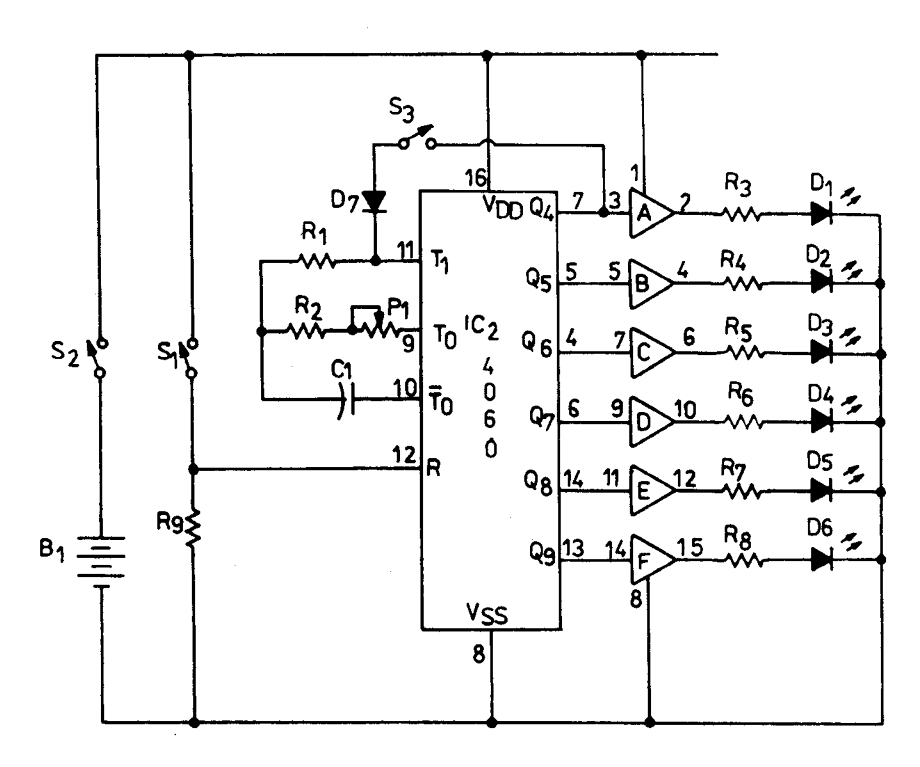
والشكل (٢ - ٣٤) يعرض المخطط الزمنى للمذبذب الذى بصدده .

حيث إن :

النبضة الداخلة على الرجل 1 للبوابة A	1
خرج البوابة A	2
دخل البوابة B	3
خرج البوابة B	4

تجربة رقم (٢١) دراسة عمل المذبذب اللامستقر طراز CD4060

الشكل (٢ - ٣٥) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل الدائرة المتكاملة CD4060 والتى تحتوى على مذبذب لامستقر، وعداد ثنائى يعمل كمقسم لتردد المذبذب .



الشكل (٢ - ٣٥)

عناصر الدائرة:

مقاومة متغيرة 100KΩ	P_1
مقاومة كربونية 1.8MΩ	R_1
مقاومة كربونية 47KΩ	R_2
مقاومة كربونية 680Ω	$R_3:R_8$
مقاومة كربونية 100KΩ	R_9
مكثف كيميائى 1µF/16V	C_1
موحد سليكونى 1N4148	D_7
موحدات مشعة 10mA	$D_1:D_6$
دائرة متكاملة تحتوى على ستة عوازل طراز CD4050	IC_1
دائرة متكاملة تحتوى على مذبذب لامستقر وعداد ثنائى طراز CD4060	IC_2
بطارية 9V	B_1

لوحة تجارب

قاعدتا دوائر متكاملة بستة عشر رجلاً

خطوات التجربة:

١ - نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ - ٣٥)، ثم اغلق المفتاح S_2 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى.

٢ - اغلق المفتاح S_1 للحظة لتحرير مخارج العداد $Q_4:Q_{14}$.

٣ - افتح المفتاح S_1 وراقب حالة المخارج، وقس زمن بقاء كل مخرج عالياً.

٤ - قارن بين زمن بقاء المخارج عالياً بالمعادلة التالية:

$$T_n = 2.2\, C_1 * R_2 * 2^n \text{ (sec)} \rightarrow 2.4$$

حيث إن n هو رقم المخرج. فمثلاً: المخرج Q_4 يخرج منه نبضة زمنها

$$T_4 = 2.2 \times 10^{-6} \times 47 \times 1000 \times 2^4 = 1.6 \text{ sec}$$

٥ - كرر الخطوة رقم (٢).

٦ - كرر الخطوات ٣، ٤، ٥ مع غلق S_3 وسجل ملاحظاتك.

الخلاصة:

١ – عندما تكون حالة مدخل التحرير R منخفضة، فإن التردد الخارج من مخارج العداد المختلفة يساوى:

$$F = \frac{1}{2.2\, C_1 R_1 . 2^n} \quad (HZ) \rightarrow 2.5$$

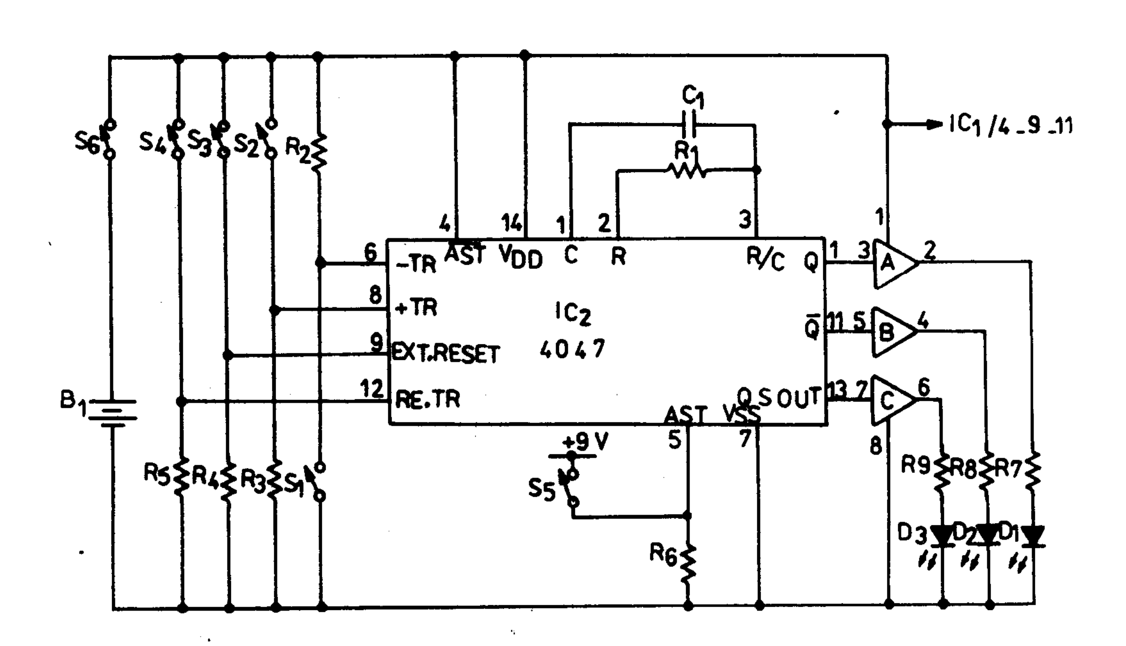
حيث: n رقم المخرج.

٢ – عندما تكون حالة مدخل التحرير R منخفضة فإن حالة جميع مخارج العداد تصبح منخفضة.

٣ – عندما تصل نبضة عالية للمدخل T_1 للعداد تتحرر حالة مخارج العداد ويبدأ العداد من الصفر.

تجربة رقم (٢٢) دراسة عمل المذبذب اللامستقر طراز CD4047

الشكل (٢ – ٣٦) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل الدائرة المتكاملة CD4047 والتى تحتوى على مذبذبين لا مستقرين مجددى الإشعال.



الشكل (٢ – ٣٦)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 1MΩ	R_1
مقاومات كربونية 100KΩ	R_2, R_3, R_4, R_5, R_6
مقاومات كربونية 680Ω	$R_7; R_8, R_9$
مكثف بوليستير 1µF	C_1
موحدات مشعة 10mA	$D_1 : D_3$
دائرة متكاملة تحتوى على ست عوازل طراز CD4050	IC_1
دائرة متكاملة تحتوى على مذبذبين لامستقرين طراز CD4041	IC_1
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	$S_1 : S_6$
بطارية 9V	B_1

لوحة تجارب

قاعدة دائرة متكاملة بأربعة عشر رجلاً وأخرى بستة عشر رجلاً.

خطوات التجربة:

١ - نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢-٣٦)، ثم اغلق المفتاح S_6 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى.

٢ - اغلق المفتاح S_5 ولاحظ حالة المخارج $Q, \bar{Q}$, OS. OUT وذلك بمتابعة حالة الموحدات المشعة $D_1 : D_3$.

٣ - باستخدام ساعة إيقاف قس زمن الدورة الكاملة الخارجة من المخرج Q والتى تساوى مجموع زمن إضاءة D_1 وزمن إظلام D_1.

٤ - قارن بين التردد المقاس والذى يساوى مقلوب زمن الدورة الكاملة المقاس فى الخطوة ٣، والتردد المحسوب من المعادلة التالية:

$$FQ = F\bar{Q} = \frac{0.23}{R_1 C_1} \text{ (HZ)} \rightarrow 2.6$$

٥ - باستخدام ساعة إيقاف قس زمن الدورة الكاملة الخارجة من المخرج OS. OUT

والتى تساوى مجموع زمن إضاءة وإظلام D_3.

٦ - قارن بين التردد المقاس فى الخطوة (٥) والذى يساوى مقلوب زمن الدورة الكاملة والتردد المحسوب من المعادلة التالية:

$$Fos = \frac{0.46}{R_1 C_1} \text{ (HZ)} \rightarrow 2.7$$

٧ - افتح المفتاح S_5، واغلق المفتاح S_1، فتصل حافة هابطة لمدخل الإشعال السالب (-TR)، ثم قس زمن النبضة الخارجة من المخارج $Q, \overline{Q}$.

٨ - قارن بين زمن النبضة المقاسة من الخطوة (٧) والزمن المحسوب من العلاقة التالية:

$$T = 2.5\, R_1 C_1 \rightarrow 2.8$$

٩ - افتح المفتاح S_1، ثم اغلق المفتاح S_2 لتصل حافة صاعدة لمدخل الإشعال الموجب (+TR)، وقس زمن النبضة الخارجة من المخارج $Q, \overline{Q}$.

١٠ - قارن بين زمن النبضة المقاسة فى الخطوة (٩)، والزمن المحسوب من المعادلة 2.8.

١١ - كرر الخطوة (٧) وأثناء خروج النبضة على المخارج $Q, \overline{Q}$ اغلق المفتاح S_3 ولاحظ حالة المخارج $Q, \overline{Q}$.

١٢ - كرر الخطوة (٩) وأثناء خروج النبضة على المخارج $Q, \overline{Q}$ اغلق المفتاح S_3 ولاحظ حالة المخارج $Q, \overline{Q}$.

١٣ - كرر الخطوة (٧) وأثناء خروج النبضة اغلق المفتاح S_4، ولاحظ التغير فى زمن النبضة الخارجة من المخارج $Q, \overline{Q}$.

الخلاصة:

١ - تعمل الدائرة المتكاملة CD4047 كمذبذب لا مستقر عند توصيل الأرجل (4,5,6,14) بالجهد V_{DD}، والأرجل (7,8,9,12) بالجهد Vss، ويكون تردد الخرج على المخارج $Q,\bar{Q}$ مساويًا:

$$FQ = F\bar{Q} = \frac{0.23}{RC}$$

ويكون تردد الخرج على مخرج المذبذب OS.Out مساويًا ضعف تردد الخرج على المخارج $Q,\bar{Q}$.

٢- تكون حالة المخرج $\bar{Q}$ هى عكس حالة المخرج Q.

٣- عند توصيل الأرجل (4,14) بالجهد V_{DD} والأرجل (5,7,9,12) بالجهد Vss تخرج نبضة عالية من المخرج Q، ونبضة منخفضة من المخرج $\bar{Q}$ زمنها يساوى:

$$T = 2.5\ RC$$

وذلك عند تحقق أحد الشرطين التاليين.

أ - وصول حافة صاعدة على مدخل الإشعال الموجب TR +.

ب - وصول حافة هابطة على مدخل الإشعال السالب TR-.

٤ - عند وصول نبضة عالية لمدخل إعادة الإشعال RE.TR، وذلك أثناء خروج نبضة من المخارج $Q,\bar{Q}$ فإن زمن النبضة الخارجة يزداد ليصبح:

$$T_t = T_1 + T_2 \rightarrow 2.9$$

حيث إن:

T_t زمن النبضة الكلى.

T_1 زمن النبضة المحسوب من المعادلة 8 ,2.

الزمن المار من لحظة وصول نبضة إشعال لأحد المدخلين TR- و TR+ ولحظة وصول نبضة إشعال لمدخل إعادة الإشعال RE.TR

٥- تعود حالة المخارج $Q,\bar{Q}$ وكذلك مخرج المذبذب اللامستقر OS.OUT لحالتها الطبيعية عند وصول إشارة عالية لمدخل التحرير EXT. RESET .

٢ / ٦ - المفتاح الثنائى الاتجاه Bilateral CMOS Switch

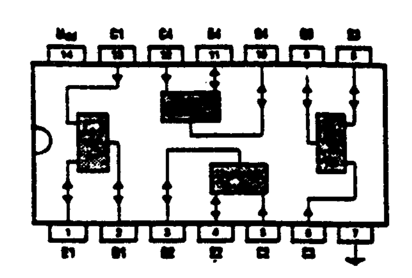
يستخدم هذا المفتاح لتوصيل أو قطع الإشارات الرقمية أو الإشارات التناظرية . ولهذا المفتاح طرفين، كل طرف يمكن أن يكون مدخل أو مخرج للتيار لذلك سمى بمفتاح ثنائى الاتجاه .

والشكل (٢ – ٣٧) يبين طريقة استخدام المفتاح الثنائى الاتجاه (فالشكل أ) يبين طريقة استخدام مفتاح ثنائى الاتجاه فى وصل وقطع الإشارات التناظرية . فعند توصيل مدخل التحكم C للمفتاح بالجهد السالب -V والموصل بالرجل Vss للمفتاح يتحول المفتاح لحالة قطع off . وعند توصيل مدخل التحكم C بالجهد الموجب +V الموصل بالرجل VDD للمفتاح يتحول المفتاح لحالة الوصل ON، ويجب ألا يتعدى التغير فى جهد الإشارة التناظرية أقصى قيمة موجبة +V، وأقصى قيمة سالبة -V . (والشكل ب) يبين طريقة استخدام مفتاح ثنائى الاتجاه فى وصل وقطع الإشارات الرقمية . فعند توصيل مدخل التحكم C للمفتاح بالأرضى 0V الموصل بالرجل Vss يتحول المفتاح لحالة القطع OFF فى حين أنه عند توصيل مدخل التحكم c بالجهد الموجب +V الموصل بالرجل VDD للمفتاح يتحول المفتاح لحالة الوصل ON .

الشكل (٢ – ٣٧)

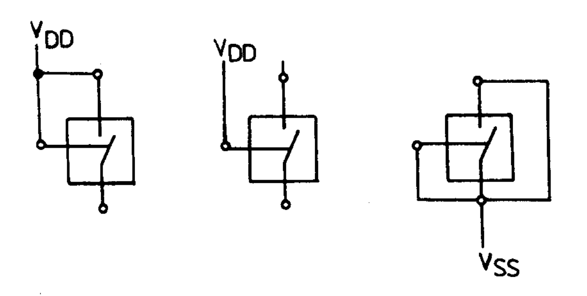
وعادة فإن المفتاح الثنائى الاتجاه يسبب تشوه لا يتعدى 0.5% عند استخدامه فى وصل وقطع الإشارات التناظرية .

والشكل (٢ – ٣٨) يعرض المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة CD4066B، والدائرة المتكاملة CD4016B وكلاهما يحتوى على أربعة مفاتيح CMOS؛ علمًا بأن خطوط التحكم للمفاتيح الأربعة هى C_1, C_2, C_3, C_4.



الشكل (٢ – ٣٨)

ويجب توصيل أى مفتاح لا يستخدم بإحدى الطرق المبينة بالشكل (٢ – ٣٩).



الشكل (٢ – ٣٩)

تجربة رقم (٢٣) دراسة عمل المفتاح الثنائى الاتجاه

الشكل (٢ – ٤٠) يعرض الدائرة المستخدمة لدراسة عمل المفتاح الثنائى الاتجاه.

عناصر الدائرة:

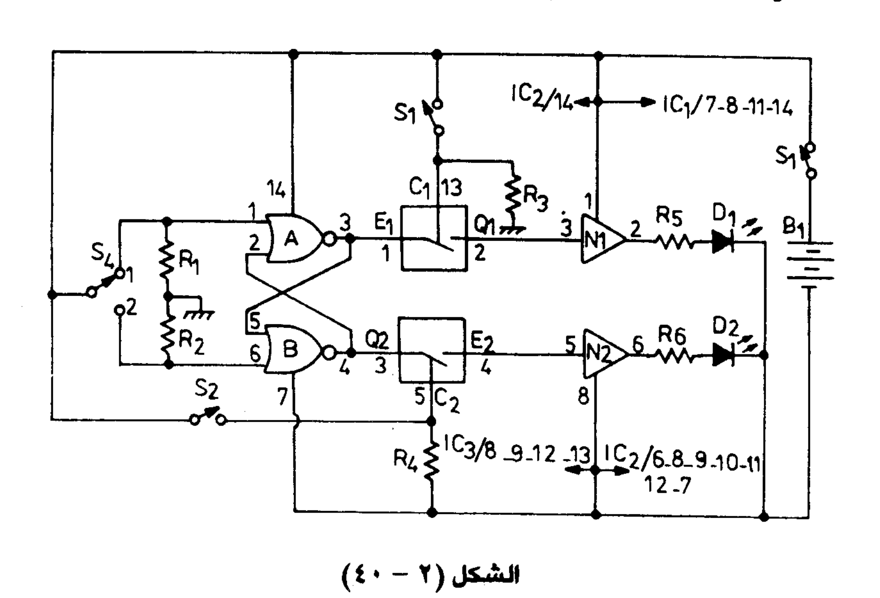
مقاومات كربونية 100kΩ	$R_1:R_4$
مقاومات كربونية 680Ω	R_5,R_6
موحدات مشعة للضوء 10mA	D_1,D_2

دائرة متكاملة تحتوى على ستة عواكس طراز CD4050	IC1
دائرة متكاملة تحتوى على أربعة مفاتيح ثنائية الاتجاه طراز CD4066	IC2
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز CD4001	IC3
مفاتيح قطب واحد سكة واحدة	S1:S3
مفتاح قطب واحد سكتين	S4
بطارية 9V	B1

لوحة تجارب

قاعدتا دوائر متكاملة بأربعة عشر رجلاً

قاعدة دائرة متكاملة بستة عشر رجلاً



الشكل (٢ – ٤٠)

خطوات التجربة:

١ – نفذ الدائرة المبينة بالشكل (٢ – ٤٠)، ثم اغلق المفتاح S3 لتغذية الدائرة بالتيار الكهربى.

٢ – افتح المفتاحين S1,S2، وحرك المفتاح S4 حركة ترددية بين الوضعين 1,2 للحصول

على موجة مربعة، ولاحظ حالة المخارج Q1, Q2 للمفاتيح الثنائية الاتجاه، وذلك بمراقبة حالة الموحدات المشعة D1, D2 .

٣ - كرر الخطوة (٢) ولكن عندما تكون المفاتيح S1,S2 مغلقة .

الخلاصة:

يعمل المفتاح الثنائى الاتجاه على إمرار الإشارات الرقمية عندما تكون حالة مدخل التحكم C عالية .

الباب الثالث

تطبيقات عملية باستخدام

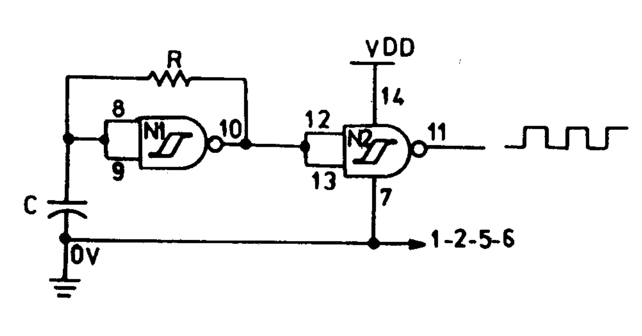
الدوائر الرقمية CMOS

تطبيقات عملية باستخدام الدوائر الرقمية CMOS

٣ - ١ المذبذبات اللامستقرة

الدائرة رقم ١ :

الشكل (٣ - ١) يعرض دائرة مذبذب عديم الاستقرار باستخدام بوابتى شميث Schmitt NAND طراز CD 4093 .



الشكل (٣ - ١)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 1MΩ	R
مكثف بوليستير سعته 33nF	C
دائرة متكاملة طراز CD 4093	IC

نظرية التشغيل :

تتميز بوابة Schmitt NAND بأن لها خواص رجوعية، وتعمل الدائرة المؤلفة من البوابة N_1 والمقاومة R، والمكثف C كمذبذب لا مستقر تردده يساوى :

$$F = \frac{0.9}{RC} \quad (HZ)$$

أما البوابة N_2 فتعمل على إزالة التشويه فى خرج البوابة N_1 والناتج عن تحميل المقاومة R على خرج البوابة N_1.

ويتراوح الجهد V_{DD} ما بين (3:18V)، لذلك يمكن استخدام بطارية 9V أو مصدر جهد آخر. وأقصى تيار يمكن أخذه من هذه الدائرة يكافىء 0.5mA تقريبًا. أما تردد خرج هذه الدائرة فيساوى 27HZ.

ملاحظة:

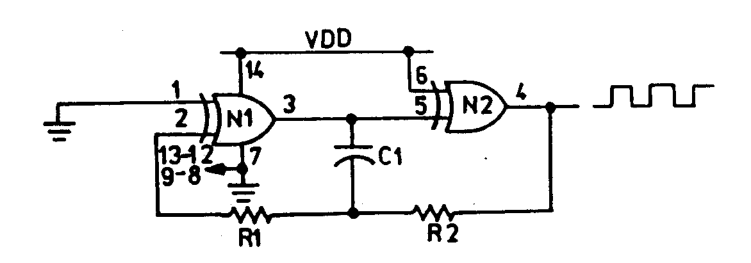
تعرف الرجوعية بأنها ثبات حالة خرج البوابة حتى ولو تغيرت حالة الدخل داخل حدود معينة تعرف بحدود الرجوعية (Hystresis).

الدائرة رقم (٢):

الشكل (٣ – ٢) يعرض دائرة مذبذب لا مستقر يولد نبضات مربعة باستخدام بوابتى XOR طراز CD 4070.

عناصر الدائرة:

$R_1 : R_2$	انظر الشرح
C_1	انظر الشرح
IC	دائرة متكاملة طراز CD 4070



الشكل (٣ – ٢)

نظرية التشغيل:

إذا افترضنا أن حالة الرجل 2 للبوابة N_1 منخفضة، فإن خرج البوابة N_1 سيكون

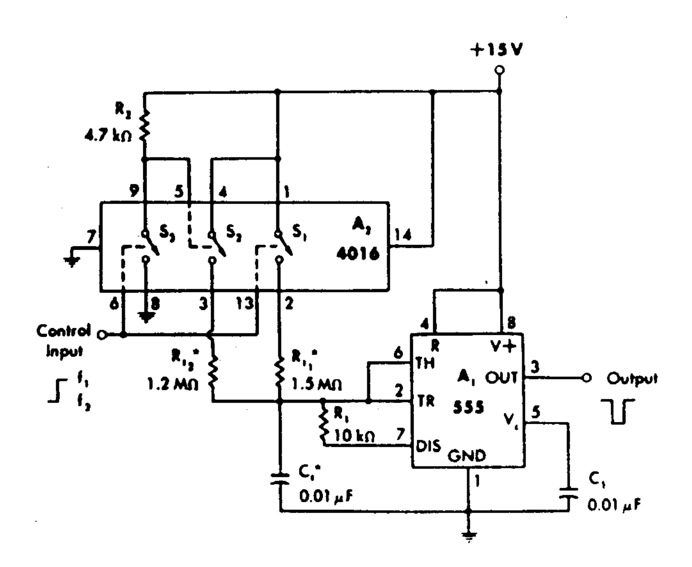
منخفضاً هو الآخر، فى حين يصبح خرج N2 عالياً، وبالتالى يشحن C1 عبر المقاومة R2 وبعد شحن C1 فإن دخل N1 يصبح عالياً عبر المقاومة R1، ومن ثم يصبح خرج البوابة N1 عالياً، وتباعاً يصبح خرج البوابة N2 منخفضاً، فيفرغ المكثف C1 شحنته عبر المقاومة R1، وبعد تمام تفريغ C1 يصبح دخل N1 منخفضاً، وتتكرر دورة التشغيل، وبذلك نحصل على موجات مربعة عند المخرج 4 للبوابة N2. فإذا كان $R_1 = R_2 = R$ فإن تردد الخرج يساوى:

$$F = \frac{0.6}{RC} \text{ (HZ)}$$

وبتغيير قيم R,C يمكن تغيير التردد الخارج من هذه الدائرة، وأقصى تيار يمكن أخذه من هذه الدائرة 0.5mA وقيمة الجهد V_{DD} تتراوح ما بين 3:18V.

الدائرة رقم (٣):

الشكل (٣-٣) يعرض دائرة مذبذب لا مستقر مبرمج باستخدام المؤقت NE555، والمفتاح الثنائى الاتجاه CD4016.



الشكل (٣ - ٣)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 10kΩ — R_1

مقاومة كربونية 4.7kΩ — R_2

مقاومة كربونية 1.5 MΩ — R_{t1}

مقاومة كربونية 1.2MΩ — R_{t2}

مكثف كيميائى 0.01µF/16V — C_t, C_1

دائرة متكاملة مؤقت طراز NE555 — A_1

دائرة متكاملة طراز CD4016 — A_2

نظرية التشغيل:

عندما يكون الجهد عند الرجل 6,13 للدائرة المتكاملة CD4016 مرتفعًا يغلق المفتاح S_1, S_3 فيصبح تردد الموجة الخارجة من الرجل 3 للمؤقت NE555 مساويًا:

$$F = \frac{1.44}{R_{t1}\,C_t} = 100HZ$$

حيث إن: $R_1 << R_{t1}$

وعندما يكون الجهد عند الأرجل 6, 13 للدائرة المتكاملة CD4016 منخفضًا يغلق المفتاح S_2 ويصبح تردد الموجة الخارجة من الرجل 3 للمؤقت 555 مساويًا:

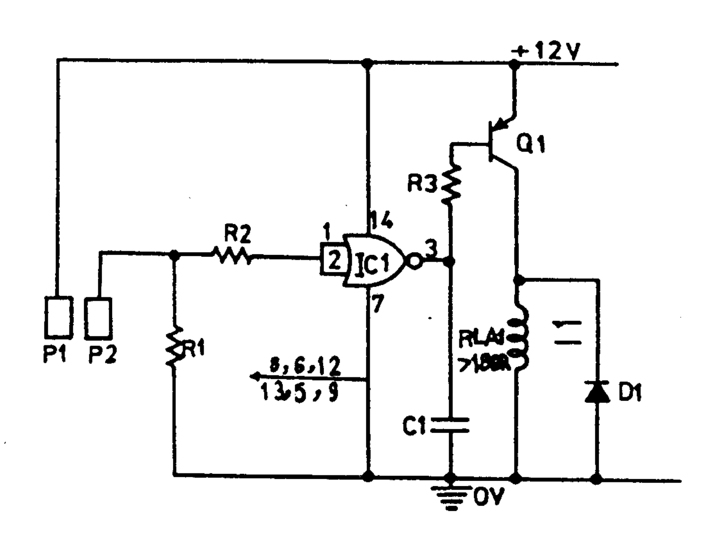
$$F = \frac{1.44}{R_{t2}\,C_t} = 120HZ$$

حيث إن: $R_1 << R_{t2}$

٣ / ٢ - أجهزة استشعار مستوى الماء

الدائرة رقم (٤):

الشكل (٣ - ٤) يعرض دائرة جهاز استشعار مستوى الماء (مفتاح عوامه الكترونى).



الشكل (٣ - ٤)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 1MΩ	R_1
مقاومة كربونية 10kΩ	R_2
مقاومة كربونية 10kΩ	R_3
مكثف سيراميك 100nF	C_1
موحد طراز 1N4001	D_1
ترانزستور PNP طراز 2N3906	Q_1
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز CD4001B	IC_1
ريلاى يعمل عند 12V ومقاومته أكبر من 180Ω	RLA_1

نظرية التشغيل:

عند وصول الماء لمستوى الأقطاب Probes تصبح حالة دخل البوابة IC_1 عاليا، وبالتالى تصبح حالة خرجها منخفضا فيعمل Q_1 وبالتالى يعمل الريلاى RLA_1 والذى يعمل على غلق ريشته المفتوحة.

أما عند انخفاض مستوى الماء عن مستوى الأقطاب Probes فإن دخل العاكس (المؤلف من بوابة NOR) يصبح منخفضاً، وبالتالى يصبح خرج العاكس عالياً، فيتحول Q_1 لحالة القطع وينقطع التيار الكهربى عن ملف الريلاى RLA_1 وتعود ريشة الريلاى مفتوحة مرة أخرى. ويعاب على هذه الدائرة حدوث تحلل كهروكيميائى للأقطاب Probes نتيجة للتيار الكهربى المار فى الماء والذى يؤدى لصدأ الأقطاب وقلة حساسيتها مما يستدعى الأمر استبدالها بصفة دورية.

الدائرة رقم (٥)

الشكل (٣ – ٥) يعرض دائرة عملية لجهاز استشعار مستوى الماء مزود بنظام لمنع التحلل الكهروكيميائى لأقطابه.

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 470kΩ	R_1
مقاومة كربونية تتراوح ما بين 10:22MΩ	R_2
مكثفات سيراميك سعتها 2.2nF	$C_1:C_4$
موحدات طراز 1N4148	$D_1:D_4$
ترانزستور PNP طراز BC157 أو مكافئة	T_1
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات Schmitt NAND طراز CD 4093	IC_1
ريلاى يعمل عند جهد 12V ومقاومته أكبر من 180Ω	RE

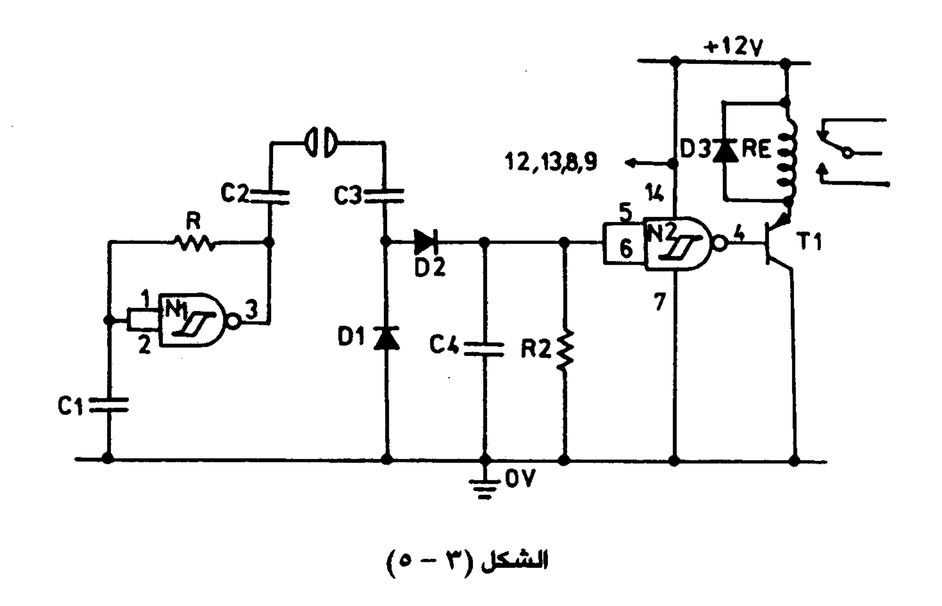
نظرية التشغيل:

عند وصول التيار الكهربى للدائرة يعمل المذبذب اللامستقر المؤلف من البوابة N_1، والمقاومة R_1، والمكثف C_1 بتردد يساوى:

$$F = \frac{0.9}{R_1 C_1} = 1.9 \text{ MHZ}$$

فعند وصول مستوى الماء لمستوى الأقطاب Probes، يشحن المكثف C_4 عبر

المكثفات C_2,C_3 والموحد D_2، وبعد وصول جهد المكثف C_4 لجهد الحالة المنطقية العالية يصبح خرج البوابة N_2 منخفضاً، فيعمل T_1 وتباعاً يعمل الريلاى RE والذى يمكن استخدامه فى فصل ووصل مضخة ملئ الخزان. وعند انخفاض مستوى الماء عن مستوى اقطاب الجهاز، فإن المكثف C_4 يفرغ شحنته فى المقاومة R_2، وبالتالى يصبح خرج البداية N_2 عالياً، ويتحول T_1 لحالة القطع وينقطع التيار الكهربى عن الريلاى RE وتعود ريش الريلاى لحالتها الطبيعية. وتتميز هذه الدائرة بإمرار تيار متردد (نبضات الساعة) فى الماء بدلاً من التيار المستمر مما يمنع حدوث تحليل كهروكيميائى للأقطاب Probes فيزداد عمر الأقطاب.

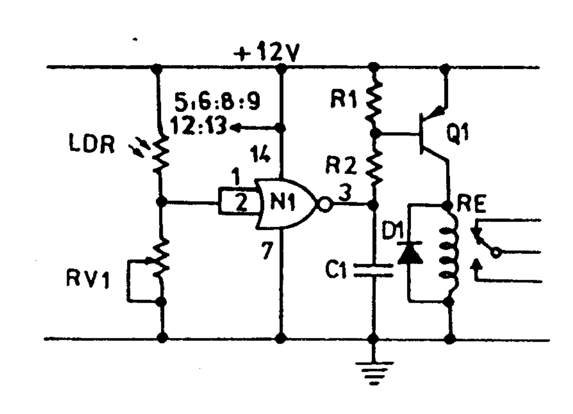


الشكل (٣ - ٥)

٣ / ٣ الخلايا الضوئية:

الدائرة رقم (٦):

الشكل (٣ - ٦) يعرض دائرة خلية ضوئية مرتكزة على بوابة NOR.



الشكل (٣ – ١)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 22KΩ	R_1
مقاومة كربونية 10kΩ	R_2
مقاومة متغيرة (انظر الشرح)	RV_1
مقاومة ضوئية تتراوح ما بين (2KΩ:2MΩ)	LDR
مكثف سيراميك 100nF	C_1
ترانزستور PNP طراز 2N3906	Q_1
موحد طراز 1N4001	D_1
دائرة متكاملة طراز CD4001B	N_1
ريلاى يعمل عند 12V ومقاومته أكبر من 180Ω	RLA

نظرية التشغيل:

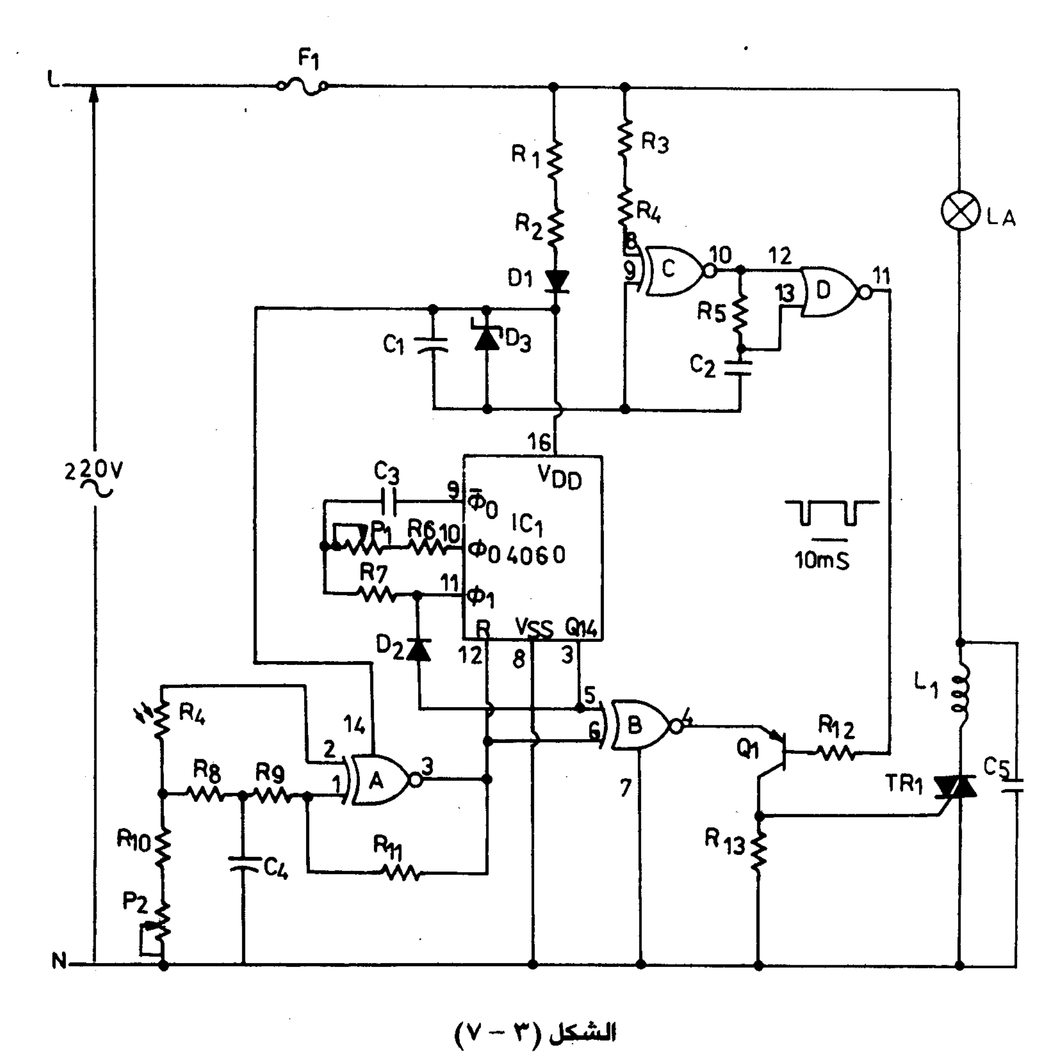
يوصل مدخل العاكس المشكل من بوابة NOR بمجزئ جهد يتكون من LDR, RV_1 فعندما يكون مستوى الضوء أعلى من مستوى عمل الخلية فإن المقاومة

الضوئية LDR تكون قيمتها حوالى 2kΩ وبالتالى يكون دخل العاكس عاليًا مما يؤدى إلى تحول خرج البوابة N1 لمنخفض، وتباعًا يتحول الترانزستور Q1 لحالة الوصل، وتنعكس ريش الريلاى RE. وعندما يكون مستوى الضوء أقل من المستوى اللازم لعمل الخلية فإن مقاومة LDR تكون حوالى 2MΩ، وبالتالى يكون دخل N1 منخفضًا، وتباعًا يكون خرج N1 عاليًا فيتحول الترانزستور Q1 لحالة القطع وينقطع التيار الكهربى عن الريلاى RE وتعود ريش الريلاى لوضعها الطبيعى.

والجدير بالذكر أن المقاومة المتغيرة RV1 تختار بحيث تحدث اتزان مع المقاومة الضوئية LDR، أما المكثف C1 فيعمل على تحقيق اتزان للبوابة N1. ويمكن استخدام هذه الدائرة فى التحكم فى إضاءة لمبات إضاءة الشوارع أو الحدائق.

الدائرة رقم (٧):

الشكل (٣ - ٧) يعرض دائرة خلية ضوئية تتحكم فى إضاءة مصباح كهربى قدرته 100w لمدة زمنية تتراوح ما بين ثلاثين دقيقة إلى خمس ساعات، وتستخدم هذه الدائرة للتحكم فى إضاءة مداخل العمارات وكذلك الحدائق.



الشكل (٣ - ٧)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 22kΩ وقدرتها 1/2w	R1, R2
مقاومة كربونية 1MΩ وقدرتها 1/2w	R3, R4, R8, R9
مقاومة كربونية 100kΩ وقدرتها 1/2w	R5, R6
مقاومة كربونية 2.2MΩ وقدرتها 1/2w	R7
مقاومة كربونية 10kΩ وقدرتها 1/2w	R10, R12

R_{11}	مقاومة كربونية 10MΩ وقدرتها 1/2W
R_{13}	مقاومة كربونية 1kΩ وقدرتها 1/2W
R_{14}	مقاومة ضوئية
P_1	مقاومة متغيرة 1MΩ
P_2	مقاومة متغيرة 500 KΩ
C_1	مكثف كيميائى 47µF/16V
C_2	مكثف بوليستير 10nF
C_3	مكثف بوليستير 560nF
C_4	مكثف كيميائى 10µF/10V
C_5	مكثف 100n F /400V
IC_1	دائرة متكاملة لمذبذب وعداد ثنائى طراز CD4060
IC_2	دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات XOR طراز CD 4077
Q_1	ترانزستور PNP طراز BC557B
TR_1	ترياك طراز TIC 206D
L_1	ملف حثه يتراوح ما بين 50:100 µH
LA	مصباح كهربى قدرته 100w
D_1	موحد طراز 1N4004
D_2	موحد طراز 1N4148
D_3	موحد زينر 8.2V/400 mw
F_1	مصهر تياره 1A

نظرية التشغيل:

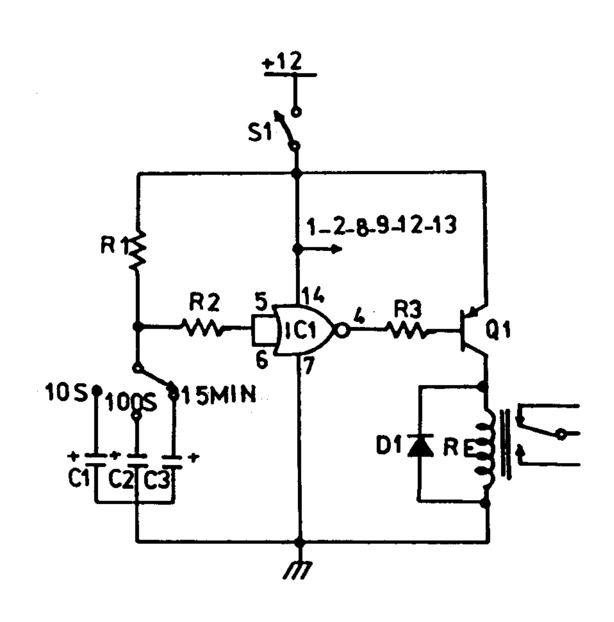
عند انخفاض شدة الإضاءة تزداد قيمة المقاومة الضوئية R14، وبالتالى يصبح خرج البوابة A منخفضاً. ويمكن معايرة شدة الإضاءة التى يصبح عندها خرج البوابة A منخفضاً بمعايرة المقاومة المتغيرة P2، فى هذه الحالة يعمل المذبذب الخاص بالدائرة المتكاملة IC1 طراز CD 4060، ويمكن التحكم فى تردد هذا المذبذب بواسطة المقاومة المتغيرة P1. وفى حالة زيادة مستوى شدة الإضاءة مرة أخرى لمدة لا تقل عن (10:20S) ، فإن خرج البوابة A يصبح عالياً مرة أخرى، ويحدث تحرير للمذبذب IC1 لوصول إشارة عالية لمدخل تحريره R، وعند انخفاض الإضاءة يكون خرج البوابة A منخفضاً وخرج البوابة B عالياً، ويعمل عداد الدائرة المتكاملة IC1 بعد النبضات الخارجة من مذبذب الدائرة ذاتها. أما الترانزستور Q1 فيتم التحكم فيه بواسطة خرج البوابة D، وتعمل البوابتان C,D معاً كدائرة بسيطة لكاشف عبور موجة المصدر الكهربى المتردد بالصفر. وتخرج نبضة قصيرة زمنها (10ms) عند كل مرة عبور، وهذه النبضات تستخدم لإشعال الترياك TR1 عبر الترانزستور T1 عندما يكون خرج البوابة B عالياً، وبهذه الطريقة فإن الترياك يتحول لحالة الوصل عندما يكون جهد المصدر صفراً. وهذا أفضل وقت لتشغيل الترياك. ويظل المصباح LA مضيئاً إلى أن يصبح خرج المخرج Q14 للدائرة المتكاملة IC1 عالياً، وهذا سيؤدى إلى توقف المذبذب؛ نتيجة لوصول إشارة عالية عبر الموحد D2 إلى المدخل Q1، وفى هذه اللحظة ستصل إشارة عالية لأحد مدخلى البوابة B، فى حين تصل إشارة منخفضة للمدخل الآخر، ومن ثم يصبح خرج البوابة B منخفضاً، فيتوقف وصول نبضات الإشعال للترياك نتيجة لتحول T1 لحالة القطع وينطفئ المصباح الكهربى. ويعمل الملف L1 والمكثف C5 كدائرة مصيدة Snubber تعمل على خمد الموجات العابرة للمصدر الكهربى لحماية الترياك ويمكن استخدام هذه الدائرة فى التحكم فى مصابيح قدرتها 500w، وفى هذه الحالة يستبدل الترياك TIC206D بالترياك SK13 والذى يحتاج لمبدد حرارى.

والجدير بالذكر أنه يمكن التحكم فى زمن عمل الخلية الضوئية بواسطة المقاومة المتغيرة P1.

٣ / ٤ - المؤقتات الزمنية :

الدائرة رقم (٨) :

الشكل (٣ - ٨) يعرض دائرة مؤقت زمنى له ثلاثة أزمنة تأخير وهم: عشر ثوان 10S، مائة ثانية 100S، خمس عشر دقيقة 15min .



الشكل (٣ - ٨)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 2.2MΩ	R_1
مقاومة كربونية 10kΩ	R_2
مقاومة كربونية 1kΩ	R_3
مكثف كيميائى 10µF/16V	C_1
مكثف كيميائى 100µF/16V	C_2
مكثف كيميائى 1000µF/16V	C_3

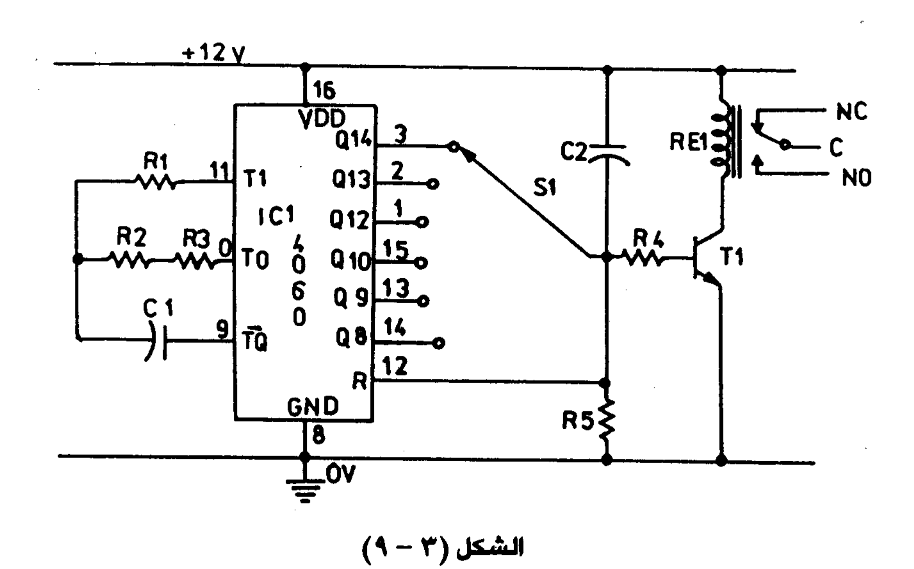
ترانزستور PNP طراز 2N 3906	Q_1
موحد طراز 1N4001	D_1
ريلاى جهده 12V ومقاومته 180Ω	RE
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
مفتاح قطب واحد ثلاث سكك	S_2
دائرة متكاملة طراز CD4001	IC_1

نظرية التشغيل:

عند غلق المفتاح S_1 ووضع المفتاح S_2 على وضع 10S، يمر التيار الكهربى عبر المقاومة R_1 والمكثف C_1 فيشحن C_1 وبعد 10S تقريبًا يصبح الجهد على أطراف C_1 كافيًا لجعل دخل البوابة IC_1 عاليًا، فيصبح خرج البوابة منخفضًا، ويتحول الترانزستور Q_1 لحالة الوصل ويمر التيار الكهربى فى ملف الريلاى RE فينعكس وضع ريش الريلاى. وعند فتح S_1 فإن المكثف C_1 يفرغ شحنته عبر المقاومة R_2 فى زمن صغير جدًا، ويصبح دخل البوابة منخفضًا، وتباعًا يصبح خرج البوابة عاليًا ويتحول الترانزستور Q_1 لحالة القطع، ومن ثم ينقطع التيار الكهربى عن ملف الريلاى RE، وتعود ريش الريلاى لوضعها الطبيعى وبنفس الطريقة يمكن الحصول على زمن تأخير 100S ، وذلك بوضع المفتاح S_2 على وضع 100S وغلق المفتاح S_1. وكذلك يمكن الحصول على زمن تأخير 15min بوضع المفتاح S_2 على وضع 15min وغلق المفتاح S_1.

الدائرة رقم (٩) :

الشكل (٣ – ٩) يعرض الدائرة العملية لمؤقت زمنى له ستة أزمنة تأخير .



الشكل (٣ - ٩)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 1.8MΩ	R_1
مقاومة كربونية 4.7MΩ	R_2
مقاومة كربونية 100kΩ	R_3
مقاومة كربونية 1kΩ	R_4
مقاومة كربونية 470kΩ	R_5
مكثف كيميائى 0.5µF/16V	C_1
مكثف كيميائى 0.022µF/16V	C_2
ترانزستور NPN طراز BC147	T_1
دائرة متكاملة لعداد ثنائى بمذبذب طراز CD4060	IC_1
ريلاى يعمل عند 12V ومقاومته 500Ω	RE_1
مفتاح دوار له ستة مواضع مختلفة	S_1

نظرية التشغيل:

عند وصول التيار الكهربى لهذه الدائرة يعمل مذبذب الدائرة المتكاملة IC_1 بتردد يساوى:

$$F = \frac{1}{2.2C_1 (R_2 + R_3)}$$

$$= 0.19\ HZ$$

وبالتالى فإن زمن الدورة الواحدة يساوى:

$$T = \frac{1}{F}$$

$$T = 5.3\ Sec$$

وتقوم الدائرة المتكاملة IC_1 بعد النبضات الخارجة من المذبذب الداخلى وإخراج عدد النبضات فى صورة ثنائية من المخارج $Q_4: Q_{13}$، فمثلاً تصبح حالة المخرج n عاليًا بعد مرور زمن مقداره Tn.

$$Tn = 2^n . T$$

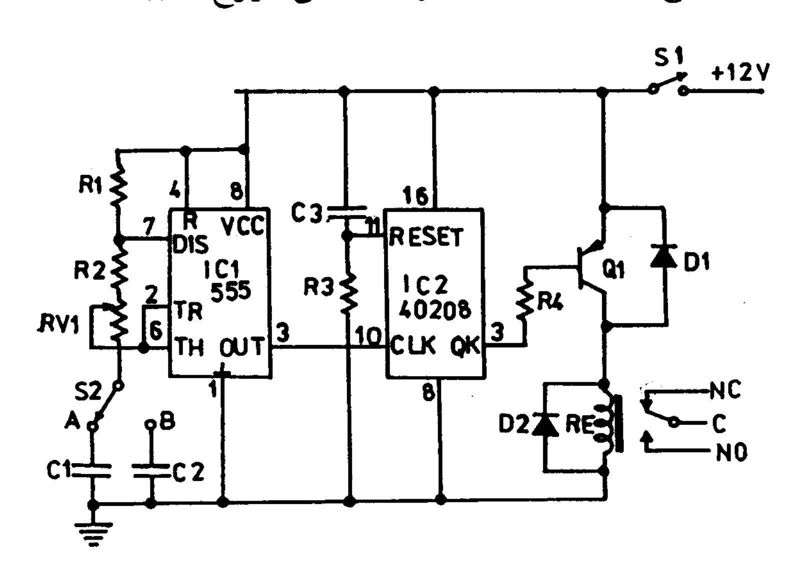
على سبيل المثال: إذا كان المفتاح S_1 على الرجل 3 والتى تقابل Q_{14} فإن حالة هذا المخرج ستصبح عالية بعد مرور زمن يساوى:

$$T = 2^{14} \times 5.3 \simeq 24h$$

أى أنه بعد أربع وعشرين ساعة يتحول الترانزستور T_1 لحالة الوصل، ويمر التيار الكهربى فى ملف الريلاى RE_1 ، ويقوم الريلاى بعكس حالة ريشة القلاب.

الدائرة رقم (٩م):

الشكل (٣ - ٩م) يعرض الدائرة العملية لمؤقت زمنى له عدد 2 مدى زمنى. المدى الأول يتراوح ما بين (1:10 min)، والمدى الثانى يتراوح ما بين (10:100min).



الشكل (٣ - ٩م)

عناصر الدائرة:

مقاومة متغيرة 470K Ω	RV_1
مقاومة كربونية 2.2 K Ω	R_1
مقاومة كربونية 39 K Ω	R_2
مقاومة كربونية 1 M Ω	R_3
مقاومة كربونية 6.8 K Ω	R_4
مكثف بوليستير 100 nF	C_1
مكثف بوليستير 1 µF	C_2
مكثف بوليستير 100 nF	C_3
موحدات طراز 1 N4001	D_1, D_2
ترانزستور PNP طراز 2 N3906	T_1

مؤقت طراز NE 555	IC_1
دائرة متكاملة لعداد ثنائى له 14 مخرجًا ثنائى طراز 4020 B	IC_2
ريلاى يعمل عند جهد 12V ومقاومته أكبر من 120 Ω	RE
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
مفتاح قطب واحد سكتين	S_2

نظرية التشغيل:

عند غلق المفتاح S_1 يعمل المؤقت 555 كمذبذب لا مستقر تردده يعتمد على وضع المفتاح S_2، فعند وضع المفتاح S_2 على الوضع A فإن التردد الخارج من المؤقت 555 يساوى:

$$F = \frac{1.44}{C_1 [R_1 + 2 (R_2 + RV_1)]}$$

$$= (1: 125)\ HZ$$

ويكون زمن الدورة الكاملة مساويًا:

$$T = \frac{1}{F} = (0.08: 0.1)\ S$$

أما عند وضع المفتاح S_2 على الوضع B فإن التردد الخارج من المؤقت 555

يساوى:

$$F = \frac{1.44}{C_2 [R_1 + 2 (R_2 + RV_1)]} = (10: 12.5)\ HZ$$

ويكون زمن الدورة الكاملة مساويًا $T = \frac{1}{F} = (0.08: 1)\ S$

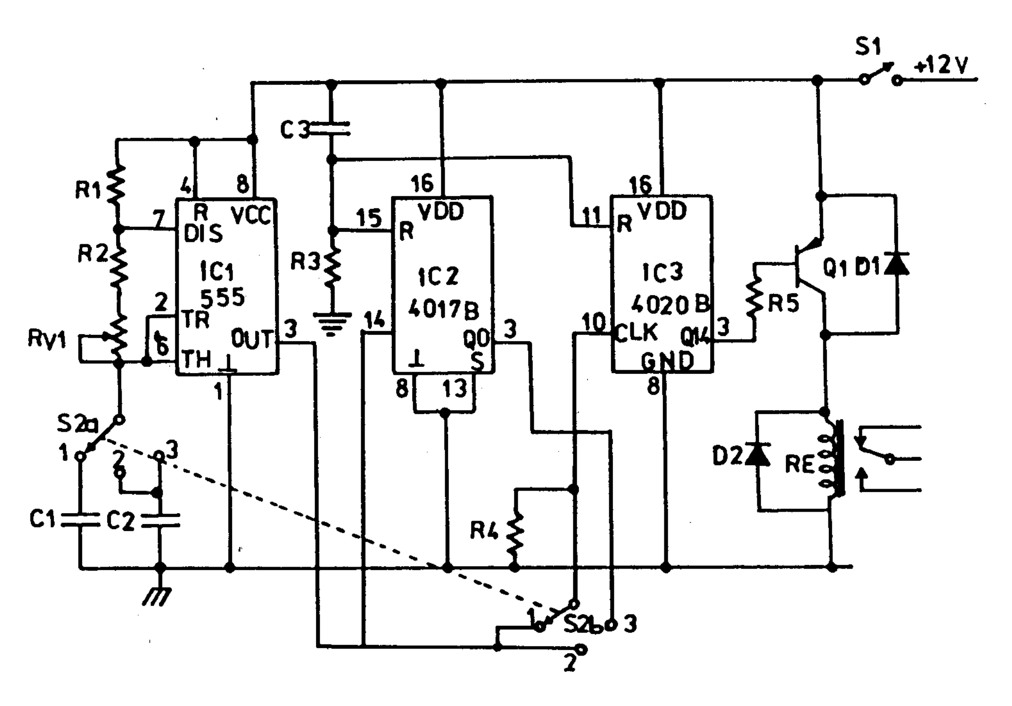
ويقوم العداد IC_2 كمقسم للتردد، ويكون حالة المخرج Q_{14} عاليًا بعد تأخير زمنى يساوى $t = 2^{14}\ T$.

حيث إن t هو زمن التأخير، أما T فهى زمن الدورة الكاملة للنبضات الخارجة من المؤقت 555. ويتحول الترانزستور Q1 لحالة الوصل بمجرد غلق المفتاح S1، ويمر التيار الكهربى فى ملف الريلاى RE، وينعكس وضع ريش الريلاى. وبعد مرور الزمن المعاير علية المؤقت الزمنى t يصبح خرج العداد IC2 عالياً فيتحول الترانزستور Q1 لحالة القطع، وينقطع التيار الكهربى عن ملف الريلاى RE، وتعود ريش الريلاى لوضعها الطبيعى.

والجدير بالذكر أنه يمكن تغيير الزمن المعاير عليه المؤقت الزمنى فى كل من المدى الأول والمدى الثانى بواسطة المقاومة المتغيرة RV1، ويعمل المؤقت على المدى الأول عند وضع S2 على الوضع 1، وعلى المدى الثانى عند وضع S2 على الوضع 2.

الدائرة رقم (١٠):

الشكل (٣ - ١٠) يعرض الدائرة العملية لمؤقت نبضى له ثلاثة أمدية زمنية، المدى الأول 1: 12 min، والمدى الثانى (100 min: 2 hr)، والمدى الثالث (100 min: 20 hr).



الشكل (٣ - ١٠)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 2.2 K Ω — R_1

مقاومة كربونية 39 K Ω — R_2

مقاومة كربونية 1 M Ω — R_3

مقاومة كربونية 27 K Ω — R_4

مقاومة كربونية 6.8 K Ω — R_5

مقاومة متغيرة 470 K Ω — RV_1

مكثف بوليستير 120 nF — C_1

مكثف بوليستير 1 μF — C_2

مكثف بوليستير 100 nF — C_3

موحدات طراز 1 N4001 — D_1, D_2

ترانزستور NPN طراز 2 N3906 — Q_1

دائرة متكاملة لمؤقت 555 — IC_1

دائرة متكاملة لعداد عشرى طراز 4017 B — IC_2

دائرة متكاملة لعداد ثنائى بأربعة عشر مخرجًا طراز 4020 B — IC_3

مفتاح قطب واحد سكة واحدة — S_1

مفتاح قطبين بثلاث سكك — S_2

ريلاى 12 V ومقاومته 500 Ω — RE

نظرية التشغيل:

عند غلق المفتاح S_1 يعمل المذبذب 555 كمذبذب لا مستقر بتردد يعتمد على وضع المفتاح S_2، فعند وضع المفتاح S_2 على الوضع 1 فإن التردد يساوى:

$$F = \frac{1.44}{C_1 \, [R_1 + 2 \, (R_2 + RV_1)]}$$

$$= (0.83 : 104) \text{ HZ}$$

ويكون زمن الدورة مساويًا:

$$T = \frac{1}{F}$$

$$= 0.096 : 1.2S$$

فى حين أنه عند وضع المفتاح S_2 على الوضع 3 ,2 فإن التردد يساوى:

$$F = \frac{1.44}{C_2 \, [R_1 + 2 \, (R_2 + RV_1)]}$$

$$= (8.3 : 10.4) \text{ HZ}$$

ويكون زمن الدورة الكاملة مساويًا:

$$T = \frac{1}{F}$$

$$= (0.096 : 0.12) \text{ S}$$

ويعمل العداد العشرى IC_2 على تقسيم التردد الخارج من المؤقت الزمنى 555 على 10، ويكون خرج IC_3 عاليًا بعد تأخير زمنى.

$$t = 2^{14} \, T$$

حيث إن: t هو زمن الدورة الكاملة الخارجة من المؤقت 555 عندما يكون المفتاح S_2 على الوضع 1, 2، أما T فتساوى عشر زمن الدورة الكاملة الخارجة من المؤقت 555 عندما يكون المفتاح S_2 على الوضع 3.

وعند غلق المفتاح S_1 يمر التيار الكهربى فى ملف الريلاى RE، وتنعكس الريشة القلاب له، وبعد مرور الزمن المعاير عليه المؤقت الزمنى يصبح خرج العداد IC_3 عاليًا، فيتحول الترانزستور Q_1 لحالة القطع، وينقطع التيار الكهربى عن ملف الريلاى RE وتعود الريشة القلاب للريلاى لوضعها الطبيعى.

والجدير بالذكر أنه يمكن تغيير الزمن المعاير عليه المؤقت الزمنى فى المدى الأول والثانى والثالث بواسطة المقاومة المتغيرة RV_1.

ويعمل المؤقت الزمنى على المدى الأول عند وضع S_2 على الوضع 1. ويعمل المؤقت على المدى الثانى عند وضع S_2 على الوضع 2، فى حين يعمل المؤقت على المدى الثالث عند وضع S_2 على الوضع 3.

٣ / ٥ - لوحة الإعلانات

الدائرة رقم (١١)

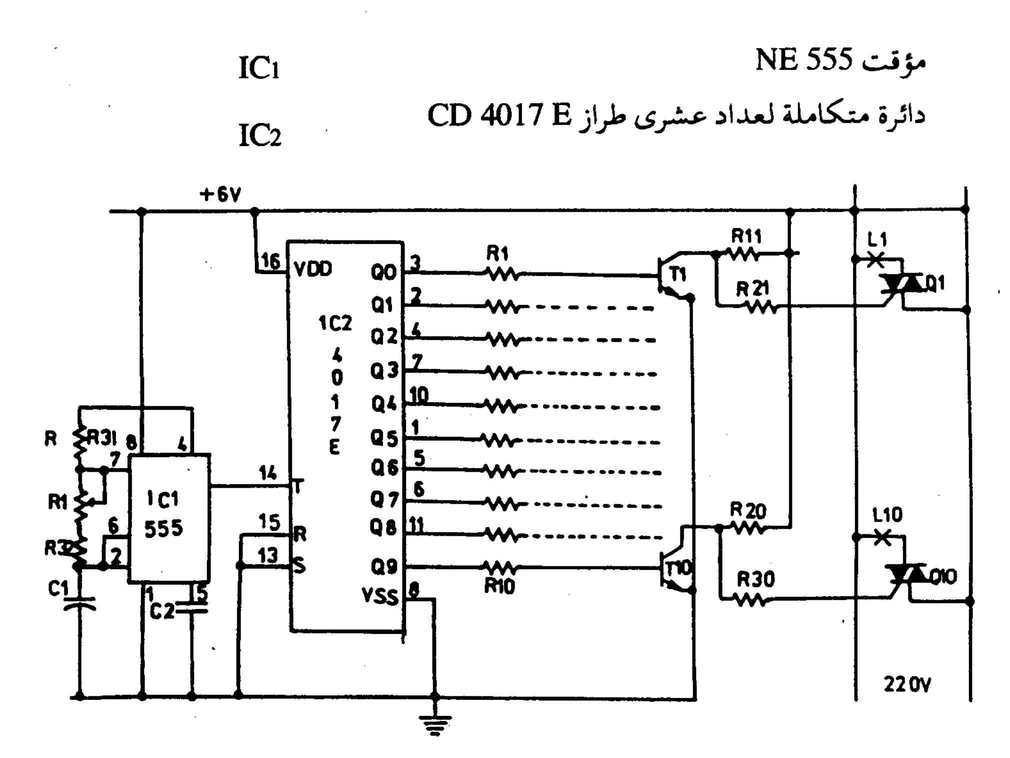
الشكل (٣ - ١١) يعرض دائرة التحكم الرقمية للوحة إعلانات بخرج على عشرة لمبات قدرة، وتعطى نموذجًا ضوئيًا واحدًا (ضوء متحرك فى اتجاه واحد).

عناصر الدائرة:

مقاومات كربونية 560 Ω	$R_1 : R_{10}$
مقاومات كربونية 2.2 K Ω	$R_{11} : R_{20}$
مقاومات كربونية 190 Ω	$R_{21} : R_{30}$
مقاومات كربونية 2.2 K Ω	$R_{31} : R_{32}$
مقاومة متغيرة 50 K Ω	P_1
مكثف كيميائى 10 µF/ 10 V	C_1
مكثف قرصى 0.01 µF	C_2
ترانزستور NPN طراز BC 337	T_1, T_{10}
ترياكات 8A وجهد 600V طراز TIC 225 M	$Q_1 : Q_{10}$

مؤقت NE 555 IC_1

دائرة متكاملة لعداد عشرى طراز CD 4017 E IC_2



الشكل (٣ – ١١)

نظرية التشغيل :

يقوم المذبذب اللامستقر المؤلف من المؤقت 555 بتوليد نبضات مربعة ترددها :

$$F = \frac{1.44}{C_1\,[R_{31} + 2\,(R_{32} + P_1)]}$$

$$= (1.35 : 22)\ HZ$$

وتصل هذه النبضات المربعة لمدخل النبضات T للعداد العشرى 4017 .

والجدول (٣ – ١) يبين خرج العداد عند وصول النبضات لمدخل النبضات T .

الجدول (٣ - ١)

رقم النبضة \ المخرج	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

فإذا كانت هذه اللمبات مرتبة على الإطار الخارجي للوحة إعلانات يبدو للمشاهد أن الضوء يتحرك.

والجدير بالذكر أن الترانزستورات $T_1 : T_{10}$ تعمل على رفع مستوى التيار الخارج من العداد، وتقوم بقيادة الترياكات $Q_1 : Q_{10}$ والتي تقوم بوصل وفصل لمبات الإضاءة. علماً بأنه يمكن استخدام عشرة مجاميع من اللمبات قدرة كل مجموعة أقل من أو تساوى 8x 220 = 1760 W كما أنه يجب تثبيت كل ترياك على قطعة من الألومنيوم أبعادها (5 x 5 Cm) وسمكها 2mm.

٣ / ٦ - عداد قياس التردد

الدائرة رقم (١٢)

الشكل (٣ - ١٢) يعرض دائرة عداد الكترونى يعد النبضات الداخلة على مدخل نبضاته ويتراوح مدى العد ما بين 9999 :0.

عناصر الدائرة :

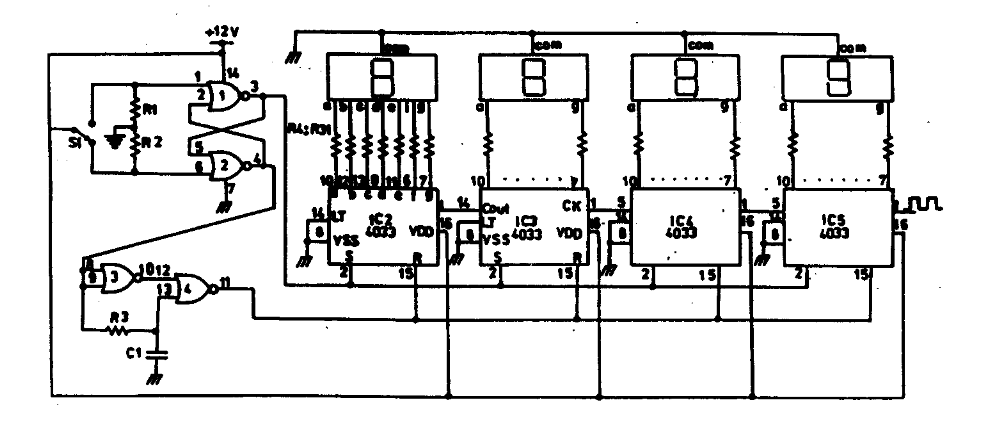
مقاومات كربونية 1 MΩ	$R_1 : R_2$
مقاومات كربونية 10 K Ω	R_3
مقاومات كربونية 470 Ω	$R_4 : R_{31}$
مكثف بوليستير 0.1 µF	C_1
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات NOR طراز CD4001 B	IC_2
دوائر متكاملة لعداد عشرى طراز CD4033	IC_2, IC_5
أربع وحدات عرض رقمية بمهبط مشترك	
مفتاح قطب واحد سكتين	S_1

نظرية عمل الدائرة :

تعمل الدائرة المؤلفة من البوابتين 2 ,1 على منع الارتداد Boundes الناشىء من تشغيل المفتاح S_1. فى حين تعمل الدائرة المؤلفة من البوابتين 4 ,3 والمقاومة R_3 والمكثف C_1 على إحداث تأخير زمنى من لحظة وصول نبضة على مدخل البوابة 3 مقداره (1S) ويعين من المعادلة التالية $t = R_3 C_1$.

فعند وضع المفتاح S_1 على وضع Start تصل إشارة لمداخل Strobe (الرجل 2) للعدادات الأربعة $IC_2: IC_5$، فى حين تكون حالة مداخل التحرير Reset (الرجل 15) للعدادات الأربعة منخفضة فتعمل العدادات عند وصول نبضات لمدخل نبضات العداد الأيمن (الرجل 1) ويقوم كل عداد بتقسيم عدد النبضات التى تدخل لمدخل نبضاته والقادمة من العداد السابق له جهة اليمين على 10، حيث يوصل مخرج الباقى

Cout لكل العداد بمدخل نبضات العداد التالى. وبمجرد وضع المفتاح S1 على وضع Stop فإن دخل البوابة 3 يصبح عاليًا فتخرج إشارة عالية من البوابة 4، بعد 1mS (واحد ملى ثانية) تعمل على تحرير العدادات الأربعة ليصبح العدد الظاهر على وحدات العرض هو 0000.

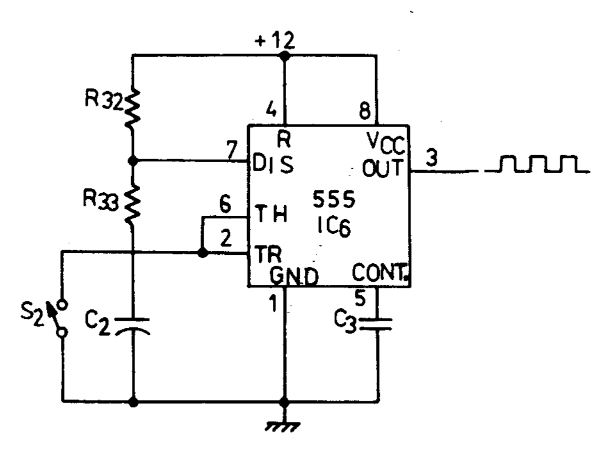

+12V
S1
R1
R2
R3
C1
R4;R31
IC2
4033
IC3
4033
IC4
4033
IC5
4033
com
VSS
VDD
LT
CK
Cout

الشكل (٣ - ١٢)

٣ / ٧ - ساعة الإيقاف الرقمية

الدائرة رقم (١٣)

يمكن جعل عداد النبضات المبين بالشكل (٣ - ١٢) ساعة إيقاف، ولكن إذا كانت النبضات الداخلة ترددها 10 HZ وذلك باستخدام الدائرة المبينة بالشكل (٣ - ١٣).



الشكل (٣ - ١٣)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 10 KΩ	R32
مقاومة كربونية 67 K Ω	R33
مكثف كيميائى 1 µF/ 9 V	C_2
مكثف سيراميك 0.01 µF	C_3
دائرة متكاملة لمؤقت 555	IC_6
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_2

نظرية التشغيل:

لبدء تشغيل الساعة الرقمية نضع المفتاح S_1 على وضع Start، ولإيقاف

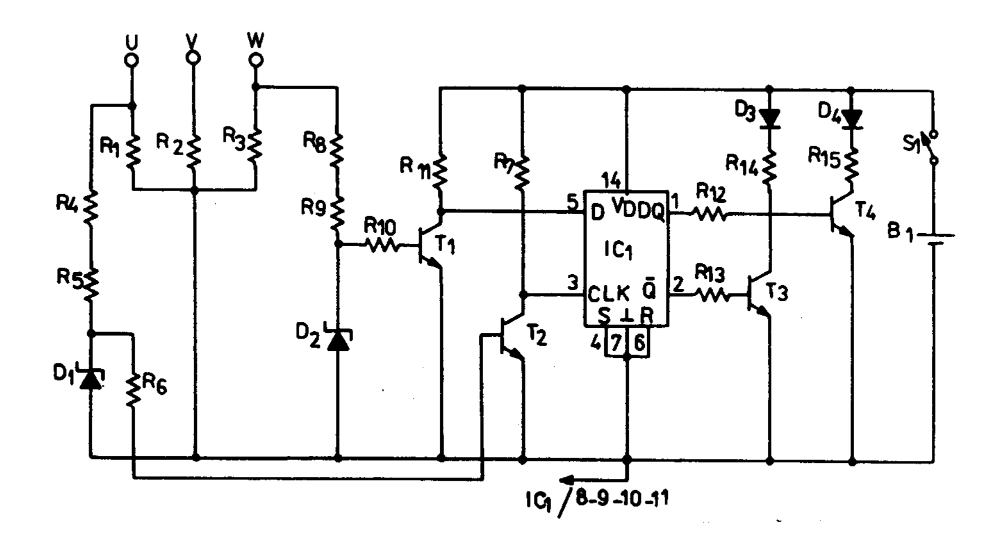
الساعة الرقمية يغلق المفتاح S2 ويكون العدد المعروض على وحدات العرض الرقمية هو الزمن المنقضى بالثانية. ويمكن تحرير الساعة الرقمية بإعادة المفتاح S1 على وضع Stop، فيصبح الزمن المعروض على وحدات العرض الرقمية يساوى 0000 ثانية.

٣ / ٨ - جهاز كشف تتابع الأوجه:

من المعروف أنه إذا كان تتابع الأوجه سليمًا فإن المحركات الاستنتاجية الثلاثية الأوجه تدور فى الاتجاه الصحيح، ولكن عند انعكاس تتابع الأوجه ينعكس اتجاه دوران المحرك، علمًا بأن انعكاس اتجاه الدوران قد يسبب مشاكل خصوصًا مع المحركات التى تدير أحمال خاصة مثل: المضخات والضواغط الهوائية والسيور الناقلة... إلخ.

الدائرة رقم ١٤ :

الشكل (٣ - ١٤) يعرض دائرة جهاز كشف تتابع الأوجه.



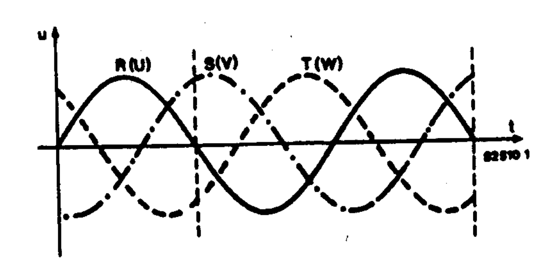
الشكل (٣ - ١٤)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 15 KΩ	R_1, R_2, R_3
مقاومة كربونية 120 K Ω	R_4, R_5, R_8, R_9
مقاومة كربونية 10 KΩ	$R_6, R_7, R_{10}, R_{11}, R_{12}, R_{13}$
مقاومة كربونية 680 Ω	R_{14}, R_{15}
موحد زينر جهده 4.7 V وقدرته 400 mW	D_1, D_2
موحدات مشعة 10mA	D_3, D_4
ترانزستور NPN طراز BC 107	T_1, T_4
دائرة متكاملة طراز 4013 تحتوى على قلابين D	IC_1
بطارية 9 V	B_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1

نظرية عمل الدائرة:

يتم توصيل الأطراف الثلاثة للمحرك U, V, W مع المداخل U,V,W لهذا الجهاز، فإذا كان تتابع الأوجه صحيحًا فإن الموحد الأخضر D_4 سيضىء، أما إذا كان تتابع الأوجه غير صحيح فإن الموحد الأحمر D_3 سيضىء. ويعتمد عمل الدائرة على أنه خواص الأوجه الثلاثة للمصدر الكهربى ذات تتابع الأوجه الصحيح أنه فى اللحظة التى يكون فيها جهد أحد الأوجه صفرًا، فإن جهد أحد الوجهين الآخرين يكون بالموجب، والآخر يكون بالسالب وهذا موضح بالشكل (٣ - ١٥).



الشكل (٣ - ١٥)

وتستخدم المقاومات R_1, R_2, R_3 للحصول على خط التعادل، والذى يتم توصيله بسالب البطارية، وكلما انتقل جهد الوجه U من موجب إلى سالب يتحول الترانزستور T_2 من حالة الوصل لحالة القطع فتصل حافة صاعدة لمدخل النبضات Clock . ففى حالة التتابع الصحيح للأوجه يكون جهد الوجه W بالسالب، وبالتالى تكون حالة مدخل البيانات D عالية (لأن الترانزستور T_1 سيكون فى حالة قطع) ومن ثم يصبح خرج القلاب Q (الرجل 1) عاليًا فيتحول T_4 لحالة الوصل، ويضىء الموحد الأخضر D_4 للدلالة على أن التتابع صحيح.

أما إذا كان تتابع الأوجه غير صحيح، فإن جهد الوجه W سيكون بالموجب، وبالتالى تكون حالة مدخل البيانات D منخفضة (لأن الترانزستور T_1 سيكون فى حالة وصل) ومن ثم يصبح خرج القلاب $\bar{Q}$ عاليًا فيتحول الترانزستور T_3 لحالة الوصل ويضىء الموحد الأحمر D_3 للدلالة على أن التتابع غير صحيح.

ولمعالجة انعكاس تتابع الأوجه فإنه يتم تبديل أحد الأوجه مكان الآخر مثل: تبديل الوجه الموصل بالطرف U للمحرك مع الوجه المتصل بالطرف V للمحرك. ويعمل كلٌ من موحدات الزينر D_1, D_2 على حماية الترانزستورات T_1, T_2 من الجهود العالية بين القاعدة والباعث. وينصح بوضع الدائرة بعد تنفيذها داخل غلاف بلاستيكى لمنع الإصابة من الصدمة الكهربية.

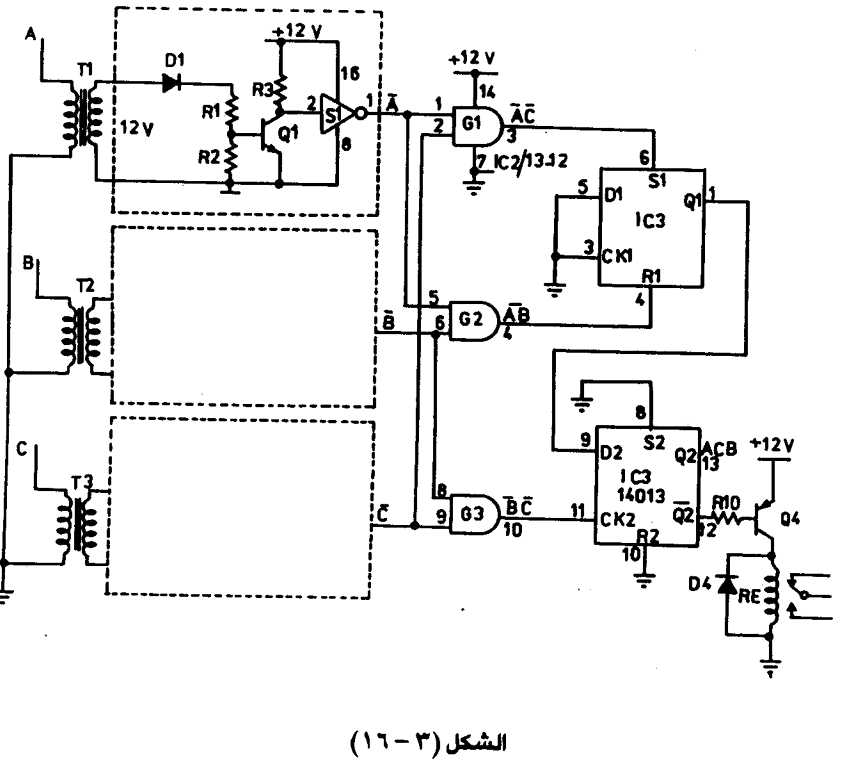
الدائرة رقم (١٥) :

الشكل (٣ - ١٦) يعرض دائرة التحكم الرقمية بريلاى انعكاس تتابع الأوجه الثلاثة لمصدر كهربى ثلاثى الأوجه، بحيث إن جهد الخط Line voltage لهذا المصدر 380 V .

عناصر الدائرة :

مقاومات كربونية 100 KΩ	$R_1 : R_9$
مقاومة كربونية 15 K Ω	R_{10}
موحدات سليكونية طراز 1N 4001	D_1 - D_4
ترانزستور NPN طراز MPS 5172	Q_1 - Q_3

ترانزستور PNP طراز 2N4121	Q_4
دائرة متكاملة طراز MC14572 بست عواكس	IC_1
دائرة متكاملة طراز MC14081 بأربع بوابات AND	IC_2
دائرة متكاملة طراز MC14013 تحتوى على قلابين D	IC_3
ثلاثة محولات خفض 220/ 12 V وسعتها 12 VA	T_1 - T_3
ريلاى جهده 12 V ومقاومته 500 Ω	RE


A
B
C
T1
T2
T3
D1
12 V
R1
R2
R3
Q1
+12 V
16
2
S1
1
8
$\bar{A}$
$\bar{B}$
$\bar{C}$
G1
G2
G3
14
7 IC2/13.12
$\bar{A}\bar{C}$
$\bar{A}\bar{B}$
$\bar{B}\bar{C}$
D1
S1
IC3
Q1
CK1
R1
D2
S2
IC3
14013
Q2
$\bar{Q2}$
CK2
R2
ACB
R10
Q4
D4
RE

الشكل (٣-١٦)

نظرية التشغيل :

فى الدائرة التى بصددها تستخدم ثلاثة محولات $T_1 - T_3$ لخفض جهد الأوجه الثلاثة من 220/ 12V، ويتم توحيد نصف موجى لخرج هذه المحولات بواسطة الموحدات $D_1: D_3$ وتحويل الموجات الموحدة إلى موجات مربعة بواسطة الترانزستورات $Q_1 - Q_3$ ، ثم عكس خرج الترانزستورات $Q_1 - Q_3$ باستخدام ثلاثة عواكس $S_1 - S_3$ وتجميع خرج العواكس $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$ للحصول على $\bar{A}\bar{C}, \bar{A}\bar{B}, \bar{B}\bar{C}$ بواسطة ثلاث بوابات AND $(G_1 - G_3)$، وباستخدام قلابين D يمكن الحصول على إشارة عالية عند التتابع A B C للمصدر الكهربى، وذلك من المخرج $\bar{Q}_2$، وإشارة عالية عند التتابع المعكوس A C B من المخرج Q_2، ويستخدم خرج $\bar{Q}_2$ للتحكم فى الترانزستور Q_4. حيث يعمل الترانزستور عند انعكاس تتابع الأوجه، فيكتمل مسار تيار الريلاى RE والذى يقوم بدوره بفصل التيار الكهربى عن كونتاكتورات الأحمال لفصلها.

الملاحـــق

ملحق - ١ العناصر المطلوبة لتنفيذ تجارب هذا الكتاب

المسلسل	العنصر	العدد
١	مقاومة كربونية 330 Ω	١
٢	مقاومة كربونية 680 Ω	١٢
٣	مقاومة كربونية 100 K Ω	١٢
٤	مقاومة كربونية 1 M Ω	١
٥	مقاومة كربونية 5 M Ω	١
٦	مقاومة كربونية 1.8 M Ω	١
٧	مقاومة كربونية 2 M Ω	١
٨	مقاومة كربونية 47 K Ω	١
٩	مكثف كيميائى 100 µ F/ 16 V	١
١٠	مكثف كيميائى 1 µ F/ 16 V	١
١١	مكثف بوليستير 1 µF	١
١٢	موحد جرمانيوم طراز BY126	١
١٣	موحد سليكون طراز 1 N 4148	١
١٤	موحد زيز 9 V/ 400mw	١
١٥	موحدات مشعة 10 mA	١٢

تابع العناصر المطلوبة لتنفيذ تجارب هذا الكتاب

المسلسل	العنـــصـــر	العـدد
١٦	موحد مشع 5 mA	١
١٧	دائرة متكاملة طراز CD4001	١
١٨	دائرة متكاملة طراز CD4011	١
١٩	دائرة متكاملة طراز CD4013	١
٢٠	دائرة متكاملة طراز CD4014	١
٢١	دائرة متكاملة طراز CD4015	١
٢٢	دائرة متكاملة طراز CD4017	١
٢٣	دائرة متكاملة طراز CD4018	١
٢٤	دائرة متكاملة طراز CD4027	١
٢٥	دائرة متكاملة طراز CD4029	١
٢٦	دائرة متكاملة طراز CD4030	١
٢٧	دائرة متكاملة طراز CD4047	١
٢٨	دائرة متكاملة طراز CD4049	١
٢٩	دائرة متكاملة طراز CD4050	٢
٣٠	دائرة متكاملة طراز CD4060	١

تابع العناصر المطلوبة لتنفيذ تجارب هذا الكتاب

المسلسل	العنصر	العدد
٣١	دائرة متكاملة طراز CD4066	١
٣٢	دائرة متكاملة طراز CD4071	١
٣٣	دائرة متكاملة طراز CD4077	١
٣٤	دائرة متكاملة طراز CD4081	١
٣٥	محول 220/12 V وتياره 1 A	١
٣٦	مفتاح قطب واحد سكة واحدة	١٢
٣٧	مفتاح قطب واحد سكتين	١
٣٨	لفة سلك حمراء $0.5\ mm^2$	١
٣٩	لفة سلك سوداء $0.5\ mm^2$	١
٤٠	قاعدة دائرة متكاملة بأربعة عشر رجلاً	٣
٤١	قاعدة دائرة متكاملة بستة عشر رجلاً	٣
٤٢	بطارية 9 V	١
٤٣	لوحة تجارب أبعادها (193x 172x 22 mm) أو أكبر	١

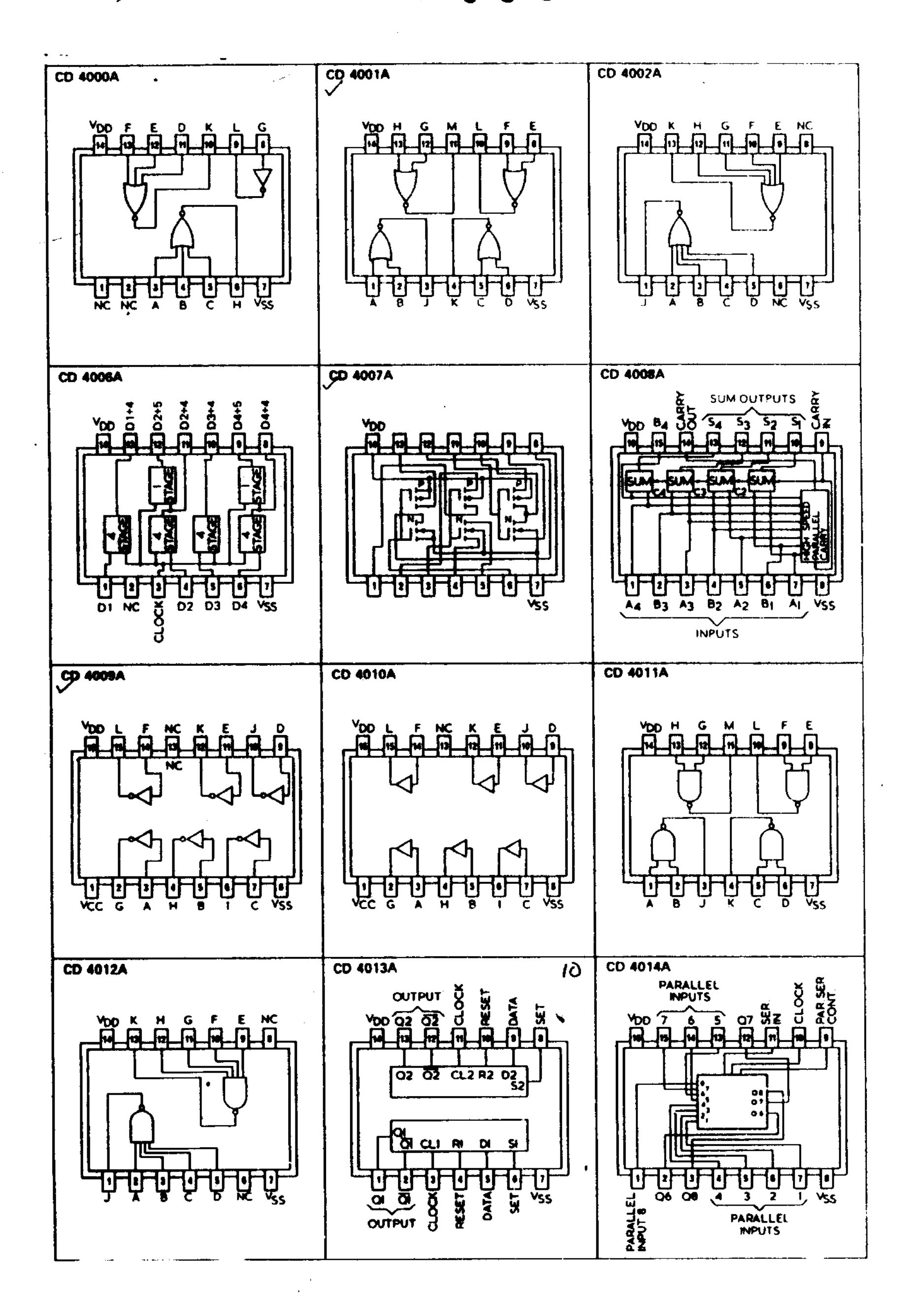
ملحق - ٢ جدول اختيار الدوائر المتكاملة CMOS تبعاً للوظيفة

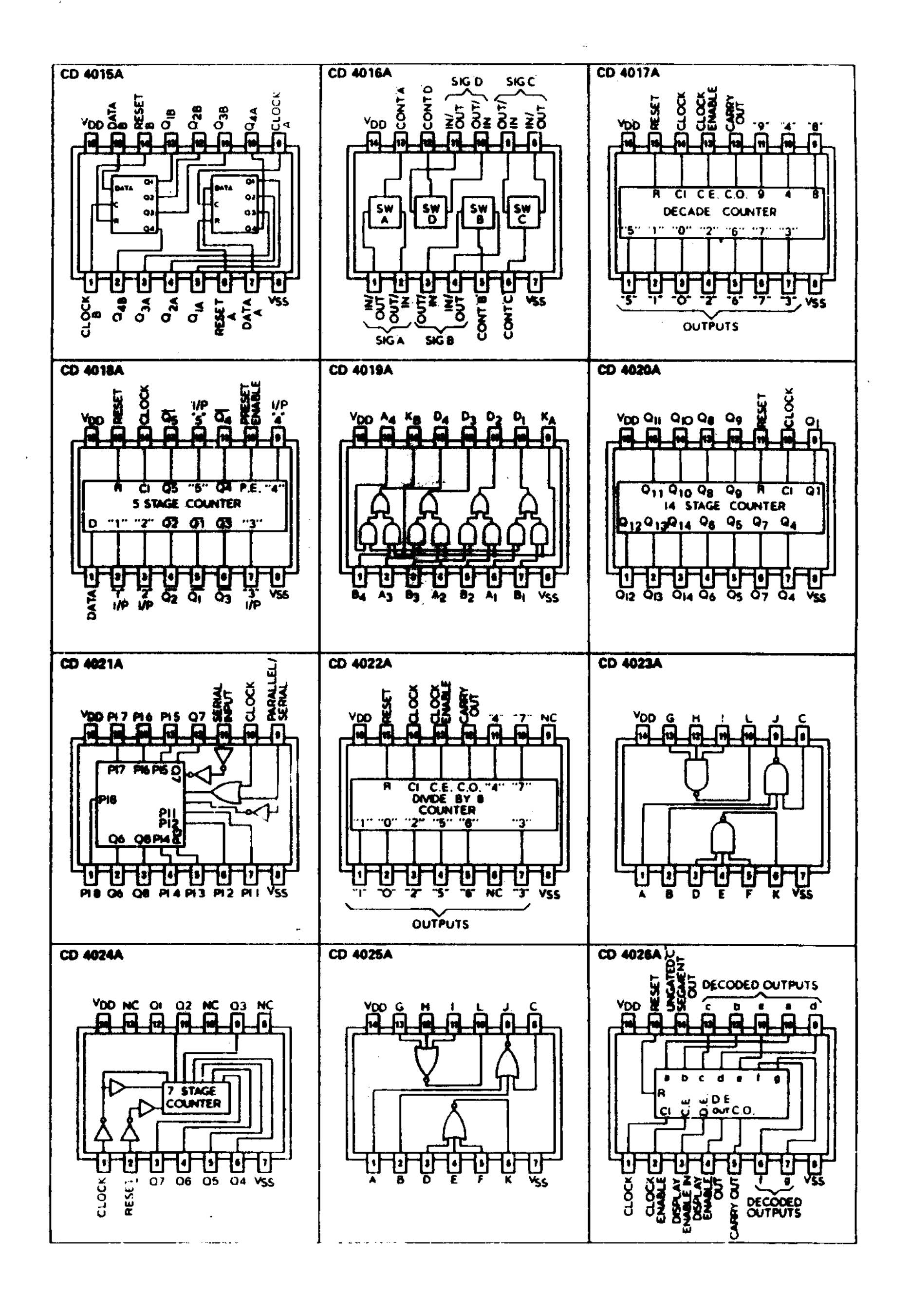
GATES			البوابـــــات المنطقيـــــة
CD 4000A	Dual 3.Input NOR gate plus Inverter	CD 4068B	8.Input NAND Gate
CD 4001A	Duad 2.Input NOR Gate	CD 4070B	Quad Exclusive OR Gate
CD 4002A	Dual 4.Input NOR Gate	CD 4071B	Quad 2. Input OR Gate
CD 4011A	Quad 2. Input NAND Gate	CD 4072B	Dual 4. Input OR Gate
CD 4012A	Dual 4. Input NAND Gate	CD 4073B	Triple 3. Input AND Gate
CD 4019A	Quad AND.OR Select Gate	CD 4075B	Triple 3. Input OR Gate
CD 4023A	Triple 3. Input NAND Gate	CD 4077B	Quad Exclusive NOR Gate
CD 4025A	Triple 3. Input NOR Gate	CD 4078B	8 input NOR Gate
CD 4030A	Quad Exclusive. OR Gate	CD 4081B	Quad 2. Input AND Gate
CD 4037A	Triple AND/OR B. Phase Pairs	CD 4082B	Dual 4. Input AND Gate
CD 4048A	Expondable 8. Input Gate	CD 4093B	Quad 2. Input NAND Schmitt Triger
BUFFERS/INVERTERS			العوازل/العواكس
CD 4007A	Dual Complementary Pair Plus Inverter	CD 4050A	Hex Buffer/Converter (Non-Inverting)
CD 4009A	Hex Buffer/ Converter (Inverting)	CD 4069B	Hex Inverter
CD 4010A	Hex Buffer/Converter (Non. Inverting)	CD 4085B	Dual 2. Wide 2.Input A01 Gate
CD 4041A	Quad True/Complement Buffer	CD 4086B	Expandable 4. Wide 2. Input A01 Gate
CD 4049A	Hex Buffer/Converter (Inverting)	CD 4502B	Strobed Hex Inverter/Buffer
FLIP FLOPS			القلابـــــات
CD 4013A	Dual "D" Flip. Flop with Set/Reset	CD 4095A	Gated J.K Flip. Flop
CD 4027A	Dual J.K. Master Slave Flip. Flop	CD 4096A	Gated J.K Flip. Flop
CD 40768	Duad D.Type Flip Flop		
MULTIVIBRATORS			المذبذبـــــات
CD 4047A	Monostable/Astable Multivibrator	CD 4528A	Dual Retriggerable Monostable
LATCHES			عناصر الإمساك
CD 4042A	Duad Clocked "D" Latch	CD 4044A	Quad 3.State NAND R/S Latch
CD 4043A	Duad 3. State NOR R/S Latch	CD 4099A	8. Bit Addressable Latch
SHIFT REGISTER STATIC & DYNAMIC			مسجلات الإزاحة
CD 4006A	18. Stage Static Shift Register	CD 4034A	MSI 8. Stage Static Shift Register
CD 4014A	8.Stage Static Shift Register	CD 4035A	4.Stage Parallel IN/OUT Shift Register
CD 4015A	Dual 4.Stage Static Shift Register	CD 4094A	8. Bit Serial-Parallel Holding Bus Register
CD 4021A	8. Stage Static Shift Register	Dynamic	
CD 4031A	64. Stage Static Shift Register	CD 4062A	200. Stage Dynamic Shift Register
COUNTERS			العـــــدادات
CD 4020A	14. Stage Binary Ripple Counter	CD 4022A	Divide. by 8 Counter/ Divider
CD 4024A	7. Stage Binary Counter	CD 4059A	Programmable Divide. by. N Counter
CD 4040A	12. Stage Binary Ripple Counter	CD 4510B	BCD UP/DOWN Counter
CD 4045A	21. Stage Counter and Oscillator	CD4516 B	Binary UP/DOWN Counter
CD 4060A	14. Stage Counter and Oscillator	CD4518 B	Dual BCD UP Counter
CD 4017A	Decade Counter/Divider	CD4520 B	Dual Binary UP Counter
CD 4018A	Presettable Divide. By. "N" Counter		

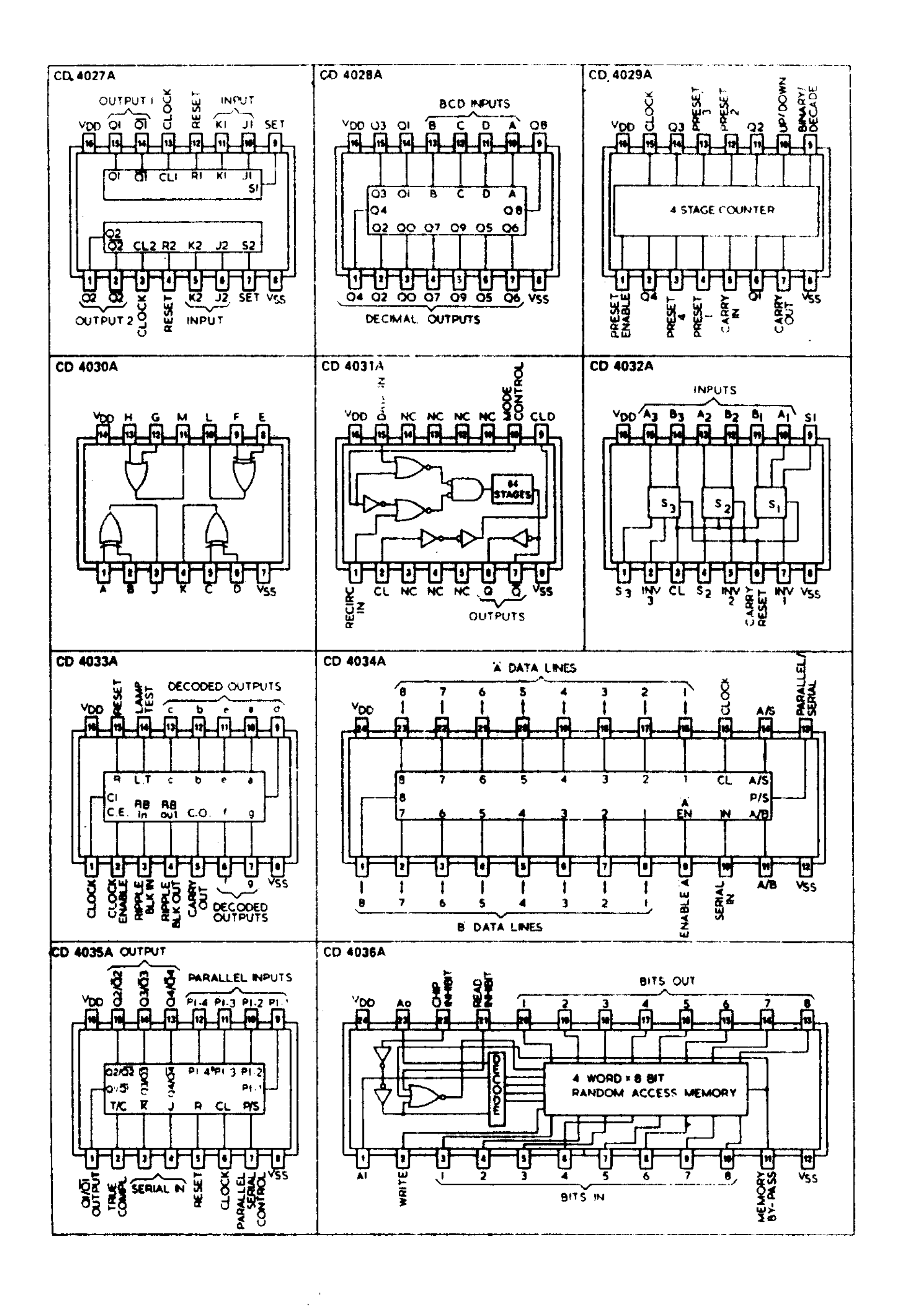
تابع جدول اختيار الدوائر الرقمية CMOS تبعاً للوظيفة

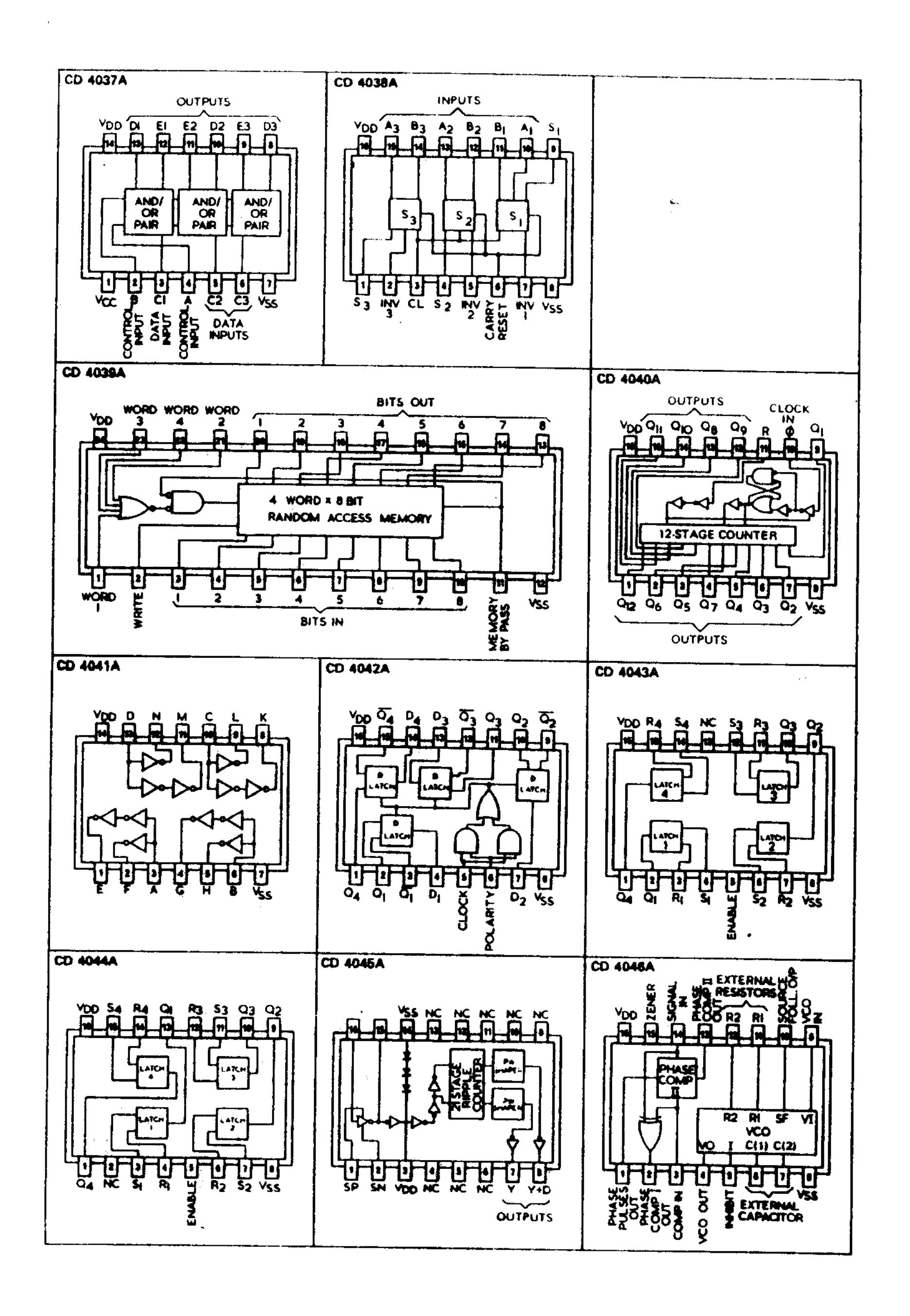
ARITHMETIC CIRCUITS		الدوائر الحسابية	
CD 4008A	4. Bit Full Adder with Parallel Carry	CD 4057A	LSI 4. Bit Arithmetic Logic Unit
CD 4032A	Triple Serial Adder (Positive Logic)	CD 4063B	4. Bit Magnitude Comparator
CD 4038A	Triple Serial Adder (Negative Logic)		
DISPLAY COUNTER. DECODER. DRIVERS		عدادات ومغيرات شفرة تشغل وحدات العرض	
CD 4026A	Decade Counter/ Divider	CD 4055A	8 CD 7. Segment Decoder/ Driver
CD 4029A	Presettable Up/Down Counter	CD 4056A	8 CD. 7. Segment Decoder/ Driver
CD 4033A	Decade Counter/Divider	CD 4011B	8 CD TO 7. Segment Decoder/ Driver
CD 4054A	4. Line Liquid Crystal Display Driver		
MULTIPLEXERS. DEMULTIPLEXERS		المجمعات – الموزعات	
CD 4016A	Quad Bilateral Switch	CD 4097B	Dual 8.1 Multiplexer
CD 4028A	BCD. TO.Decimal Decoder	CD 4514B	1 of 16 Decoder (Output High)
CD 4051A	Single 8. Channel Multiplexer	CD 4515B	1 of 16 Decoder (Output Low)
CD 4052A	Differential 4. Channel Multiplexer	CD 4532B	8. Input Priority Encoder
CD 4053A	Triple 2. Channel Multiplexer	CD 4555B	Dual 1 of 4 Decoder (Active High Outputs)
CD 4066A	Quad Bilateral Switch	CD 4556B	Dual 1 of 4 Decoder (Active Low Outputs)
CD 4067B	1. 16 Multiplexer		
RATE MULTIPLIERS		دوائر الضرب	
CD 4089A	Binary Rate Multiplier	CD 4527B	BCD Rate Multiplier
MEMORIES		الذاكرات	
CD 4036A	4. Word x 8.Bit RAM (Binary Addressing)	CD 4061A	256. Word x 1 Bit Static Ram
CD 4039A	4. Word x 8.Bit RAM (Word. Line Addressing)		
PHASE LOCKED LOOP		دائرة ربط الوجه الحلقي	
CD 4046A	Micropower Phase Locked Loop		

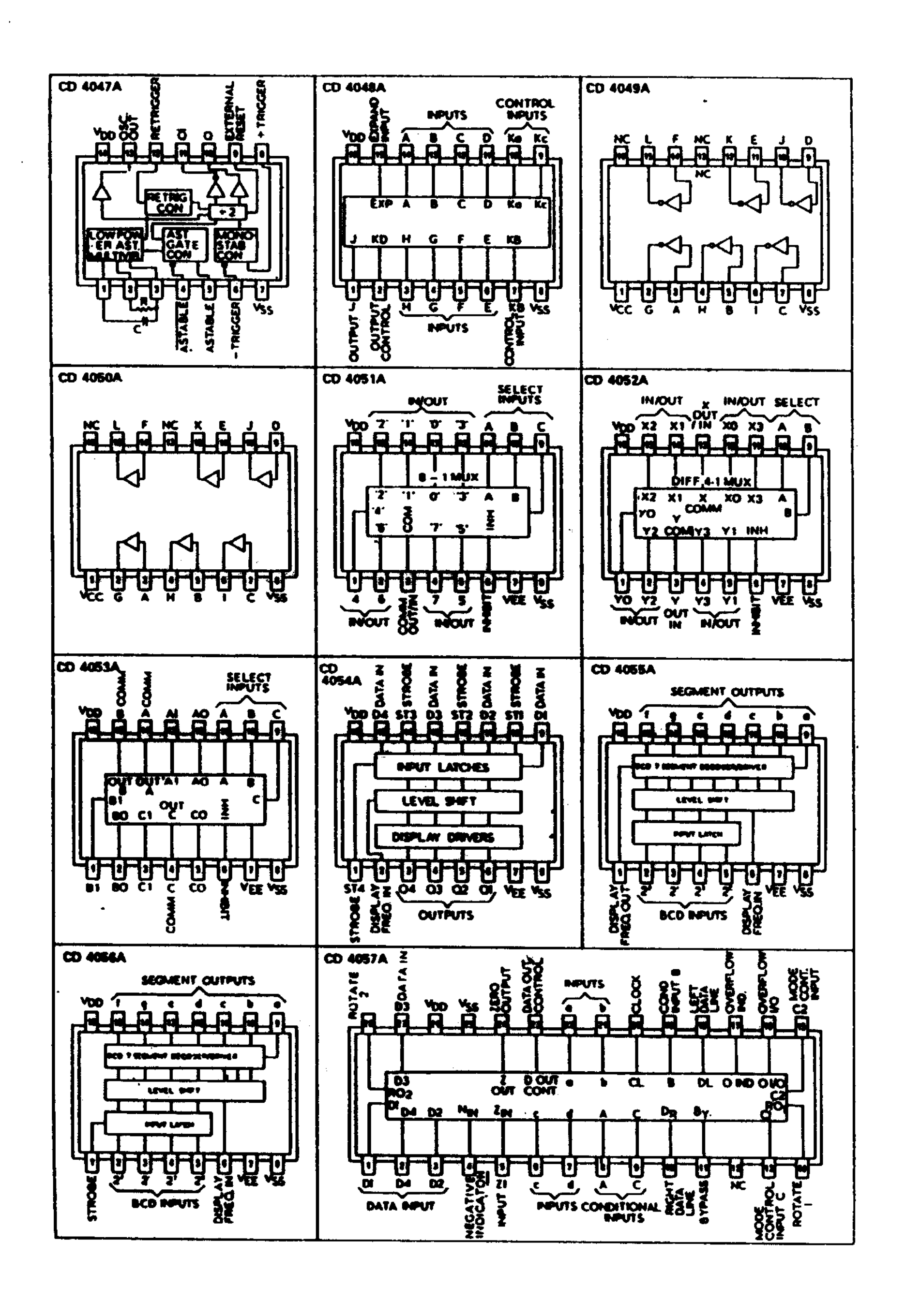
ملحق - ٣ أشكال الدوائر الرقمية CMOS سلسلة ..40 ,..45

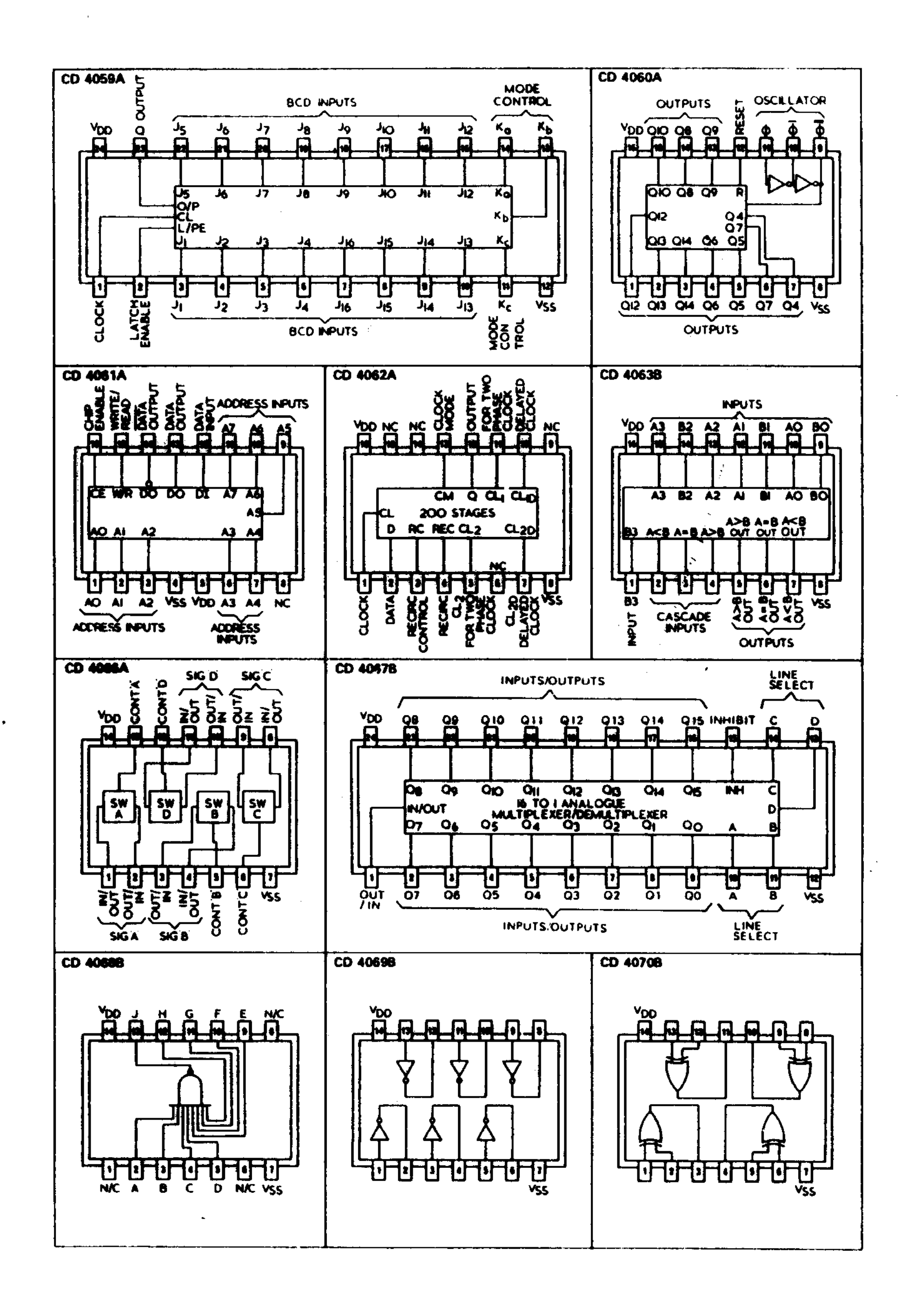


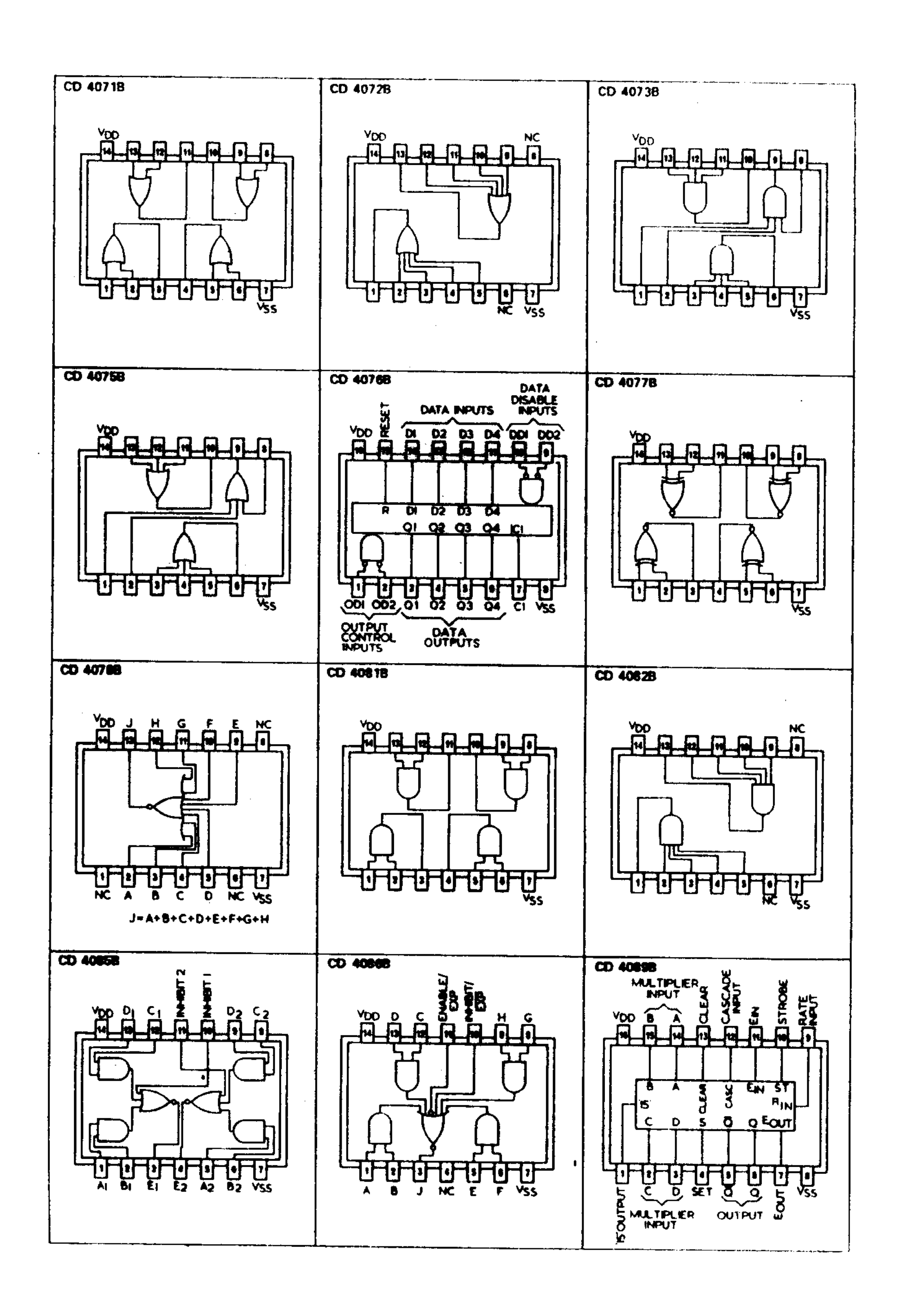

CD 4015A
CD 4016A
CD 4017A
DECADE COUNTER
OUTPUTS
CD 4018A
5 STAGE COUNTER
CD 4019A
CD 4020A
14 STAGE COUNTER
CD 4021A
CD 4022A
DIVIDE BY 8 COUNTER
OUTPUTS
CD 4023A
CD 4024A
7 STAGE COUNTER
CD 4025A
CD 4026A
DECODED OUTPUTS
DECODED OUTPUTS

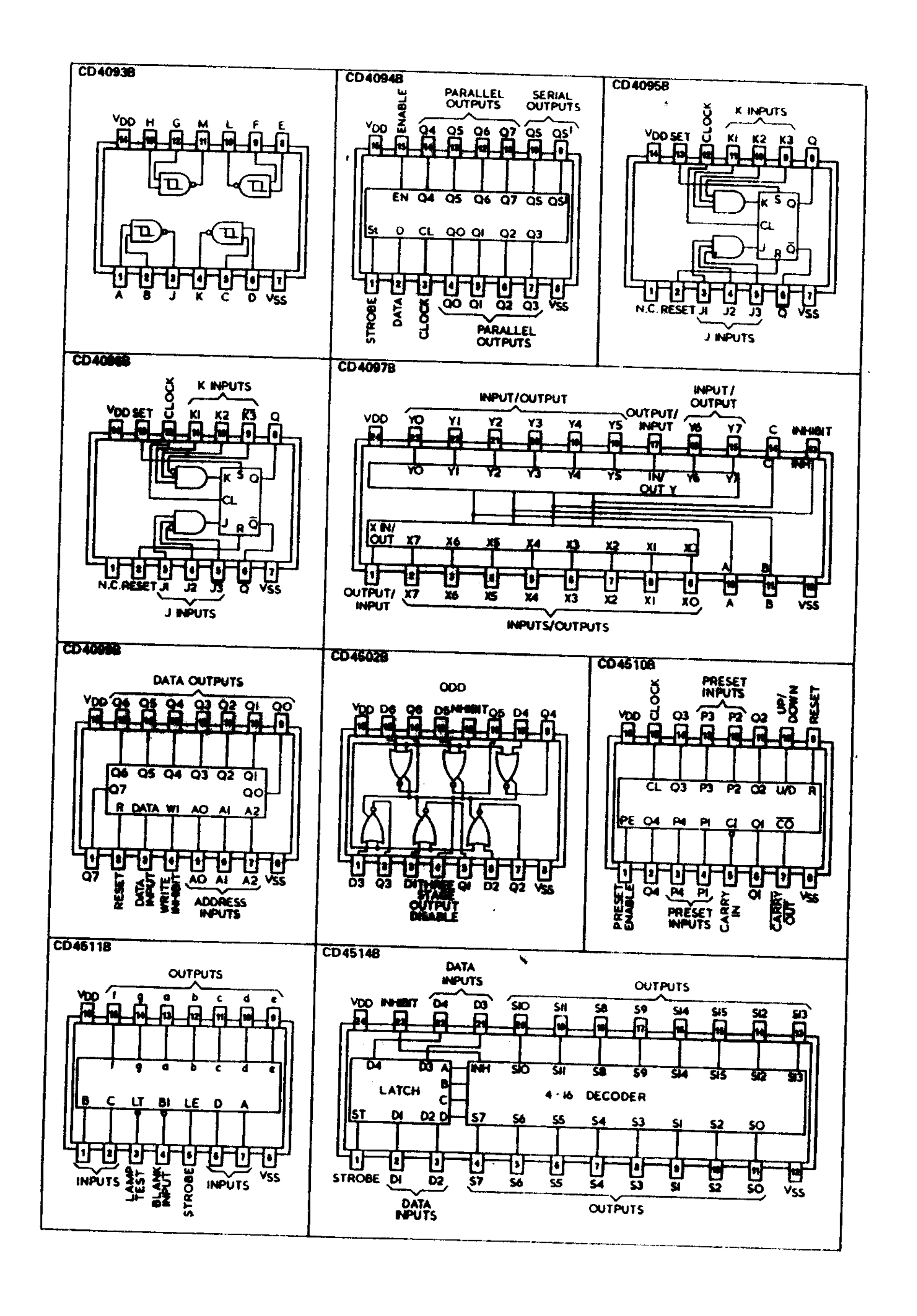

CD 4027A
OUTPUT 1
CLOCK
RESET
INPUT
SET
OUTPUT 2
CLOCK
RESET
INPUT
CD 4028A
BCD INPUTS
DECIMAL OUTPUTS
CD 4029A
CLOCK
PRESET 3
PRESET 2
UP/DOWN
BINARY/DECADE
4 STAGE COUNTER
PRESET ENABLE
PRESET 4
PRESET 1
CARRY IN
CARRY OUT
CD 4030A
CD 4031A
MODE CONTROL
64 STAGES
RECIRC IN
OUTPUTS
CD 4032A
INPUTS
CARRY RESET
CD 4033A
RESET
LAMP TEST
DECODED OUTPUTS
CLOCK
CLOCK ENABLE
RIPPLE BLK IN
RIPPLE BLK OUT
CARRY OUT
DECODED OUTPUTS
CD 4034A
A DATA LINES
CLOCK
PARALLEL/SERIAL
B DATA LINES
ENABLE A
SERIAL IN
CD 4035A OUTPUT
PARALLEL INPUTS
TRUE COMPL
SERIAL IN
RESET
CLOCK
PARALLEL SERIAL CONTROL
CD 4036A
CHIP INHIBIT
READ INHIBIT
BITS OUT
4 WORD × 8 BIT
RANDOM ACCESS MEMORY
WRITE
BITS IN
MEMORY BY-PASS

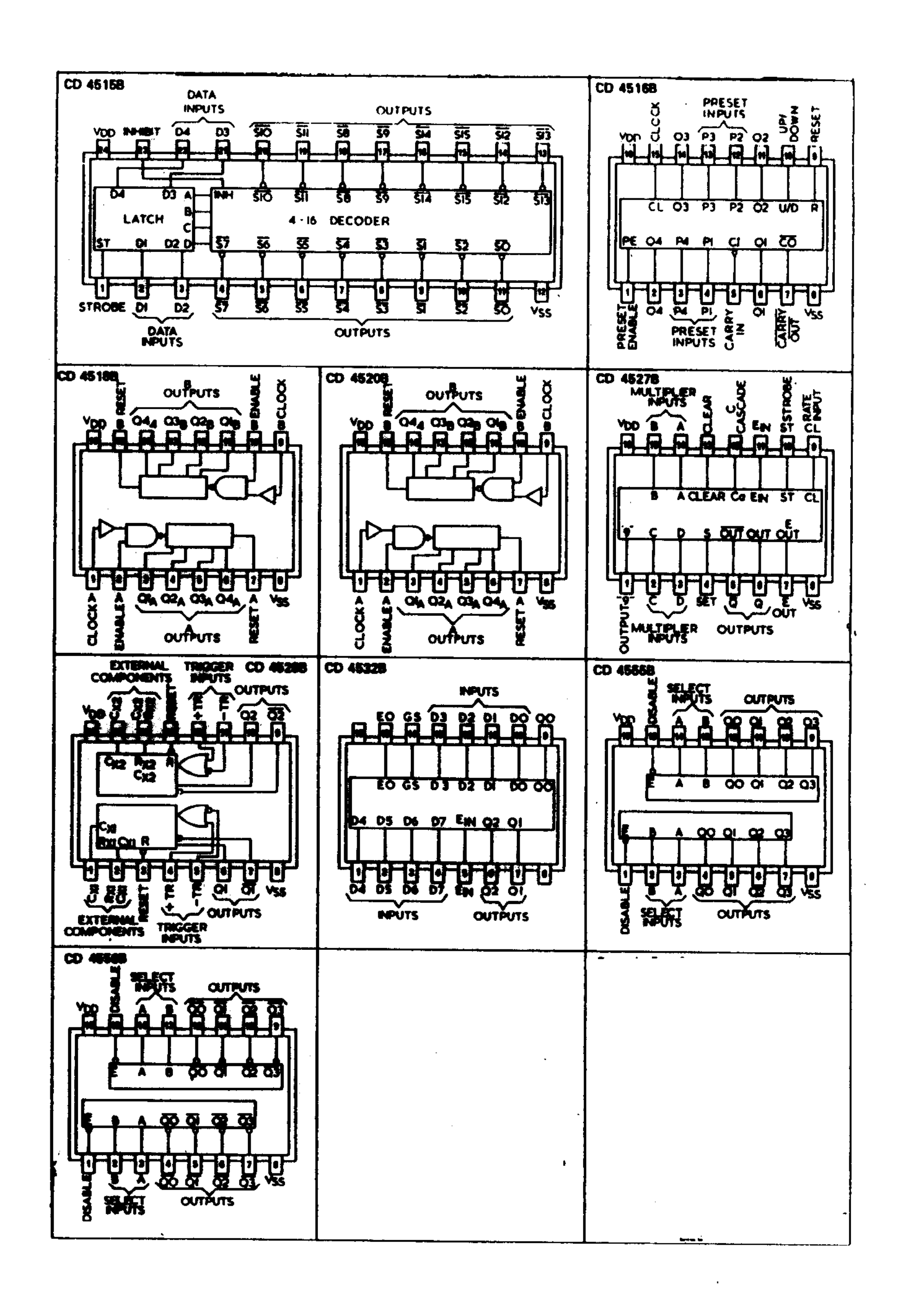

CD 4037A
CD 4038A
CD 4039A
CD 4040A
CD 4041A
CD 4042A
CD 4043A
CD 4044A
CD 4045A
CD 4046A


CD 4047A
CD 4048A
CD 4049A
CD 4050A
CD 4051A
CD 4052A
CD 4053A
CD 4054A
CD 4055A
CD 4056A
CD 4057A
INPUT LATCHES
LEVEL SHIFT
DISPLAY DRIVERS
SEGMENT OUTPUTS
BCD INPUTS
DATA INPUT


CD 4059A
CD 4060A
CD 4061A
CD 4062A
CD 4063B
CD 4066A
CD 4067B
CD 4068B
CD 4069B
CD 4070B
BCD INPUTS
MODE CONTROL
OUTPUTS
OSCILLATOR
ADDRESS INPUTS
200 STAGES
16 TO 1 ANALOGUE MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER
INPUTS/OUTPUTS
LINE SELECT
CASCADE INPUTS


CD 4071B
CD 4072B
CD 4073B
CD 4075B
CD 4076B
CD 4077B
CD 4078B
CD 4081B
CD 4082B
CD 4085B
CD 4086B
CD 4089B
DATA INPUTS
DATA DISABLE INPUTS
OUTPUT CONTROL INPUTS
DATA OUTPUTS
J=A+B+C+D+E+F+G+H
MULTIPLIER INPUT
OUTPUT


CD4093B
CD4094B
CD4095B
CD4096B
CD4097B
CD4099B
CD4502B
CD4510B
CD4511B
CD4514B


CD 4515B
DATA INPUTS
OUTPUTS
LATCH
4-16 DECODER
STROBE
CD 4516B
PRESET INPUTS
CD 4518B
CD 4520B
CD 4527B
MULTIPLIER INPUTS
CD 4528B
EXTERNAL COMPONENTS
TRIGGER INPUTS
CD 4532B
INPUTS
CD 4555B
SELECT INPUTS
CD 4556B

ملحق – ٤ أوضاع أرجل عناصر أشباه الموصلات المستخدمة فى مشاريع الكتاب

2N3906 2N3904 MP5172 C B A	2N4121 E B C	BC157 BC147 E B C	BC107 E B C
BC337 BC557 E B C	TIC 206D TIC 225M A1 A2 G	G106B K A G	78.. IN C OP